

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA**

Institut geodézie a důlního měřictví

**VYHOTOVENIE PODKLADU PRE PROJEKT  
VÝSTAVBY AREÁLU VODNÝCH ŠPORTOV POD  
DUBŇOM V K.Ú. BUDATÍN**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Autor:

Peter Augustín

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Hana Staňková, Ph.D.

Ostrava 2016

## Zadání bakalářské práce

Student: **Peter Augustín**

Studijní program: B3646 Geodézie a kartografie

Studijní obor: 3646R007 Inženýrská geodézie

Téma: **Vyhrotení podkladu pro projekt výstavby Areálu vodních športov pod  
Dubňom v k.ú. Budatín**  
**Processing the Documentation for the Project Construction Whitewater  
Training Place under Dubeň in the c.u. Budatín**

Jazyk vypracování: slovenština

### Zásady pro vypracování:

1. Rekognoskace terénu a vybudování měřické sítě.
2. Zaměření polohopisu a výškopisu dané lokality.
3. Zpracování naměřených dat.
4. vyhotovená dokumentace pro projekt výstavby.

### Seznam doporučené odborné literatury:

VITÁSEK, J. a J. PAŽOUREK. *Vybrané kapitoly z geodézie*. Brno: CERM, 1993, 135 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 30-900-5907-4.

NEVOSÁD, Z., VITÁSEK, J., BUREŠ, J. *Geodézie IV. Souřadnicové výpočty*. CERM Brno, 2002, 157 s. ISBN 80-214-23401-3

BLAŽEK, R. a Z. SKOŘEPA. *Geodézie 30. Výškopis*. I. vyd. Praha: ČVUT, 1997, 93 s. ISBN 80-010-1598-X


HUML, Milan a Jaroslav MICHAL. *Mapování 10*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000, 319 s. ISBN 80-010-2113-0

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Hans Staňková, Ph.D.**

Datum zadání: 30.10.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016

  
doc. Ing. Pavel Černota, Ph.D.  
vedoucí institutu



  
prof. Ing. Vojtech Dimer, CSc.  
děkan fakulty

### *Prohlášení autora bakalářské práce*

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB- TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě, dne 28. 4. 2016

Peter Augustín



## **POĎAKOVANIE**

Týmto sa chcem poďakovať vedúcej mojej bakalárskej práce pani doc. Ing. Hane Staňkovej, Ph.D. za jej trpezlivosť a cenné odborné rady počas konzultácií a spracovávania tejto práce. Ďalej by som sa chcel poďakovať firme GEOMER Žilina, s.r.o. a to najmä Ing. Vladimírovi Hrivíkovi za zameranie bodového poľa GNSS technológiou. Veľká vďaka patrí samozrejme aj kamarátom Bc. Jozefovi Gabrišovi za veľkú pomoc počas budovania vlastného bodového poľa, Davidovi Byrtusovi a Bc. Nikole Petrákovej za pomoc počas merania podrobných bodov v teréne. V neposlednom rade si taktiež vďaka zaslúži celá moja rodina za veľkú podporu v živote, počas celého štúdia a písania tejto práce.

## ANOTÁCIA

Účel predloženej bakalárskej práce spočíva vo vyhotovení podkladov pre budúci projekt výstavby Areálu vodných športov pod Dubňom v katastrálnom území Budatín.

V teoretickej časti práce je najskôr stručne vysvetlený účel geodézie v investičnej výstavbe a popis činností geodetov pri výstavbe. Ďalej sú v tejto časti práce popísané jednotné systémy, v ktorých boli vyhotovené výsledné podklady pre projekt, ale aj postupy a meračské metódy použité pri meraní dát priamo v teréne.

V praktickej časti práce je najskôr opísaná rekognoskácia terénu pred samotným meraním, ďalej priebeh merania v teréne, následne spracovanie nameraných hodnôt, a nakoniec postupy pri vyhotovovaní samotných podkladov pre projekt.

Táto práca obsahuje aj legislatívne predpisy a normy pre vyhotovenie podkladov pre projekt.

**Kľúčové slová:** podklad pre projekt, investičná geodézia, S-JTSK, GNSS, GPS, RTK, tachymetria, účelová mapa, pozdĺžny profil.

## ABSTRACT

The aim of this thesis is making groundwork documents for a future project of building of a Water sport centre under Dubeň in the cadastral territory Budatín.

The purpose of surveying in capital construction and activities of surveyors during capital construction is briefly explained in the theoretical part of thesis. Furthermore, there are described uniform systems applied in groundwork documents of the project, as well as surveying procedures and methods used in measuring data in the field.

Reconnaissance of the terrain before measurement is described in the practical part then the description of measuring progress in the terrain subsequent by processing of measured data, and finally, the procedures for making the groundwork documents for the project.

This work also includes legal regulations and standards for the execution of groundwork documents for the project.

**Key words:** groundwork document, investment surveying, S-JTSK, GNSS, GPS, RTK, tachymetry, purpose map, longitudinal profile.

# OBSAH

<b>1.</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>GEODÉZIA V INVESTIČNEJ VÝSTAVBE .....</b>	<b>3</b>
2.1	ZÁKLADNÉ DEFINÍCIE .....	3
2.2	GEODETICKÉ PRÁCE PRI VÝSTAVBE OBJEKTOV A INŽINIERSKÝCH ZARIADENÍ.....	4
2.3	GEODETICKÁ ČASŤ PROJEKTOVEJ DOKUMENTÁCIE .....	5
2.4	MAPOVÉ PODKLADY PRE PROJEKTOVANIE STAVIEB .....	5
<b>3.</b>	<b>GEODETICKÉ A KARTOGRAFICKÉ ZÁKLADY .....</b>	<b>7</b>
3.1	KARTOGRAFICKÉ ZÁKLADY MAPOVÝCH DIEL .....	7
3.1.1	Kartografické zobrazenia .....	7
3.1.2	Delenie kartografických zobrazení .....	7
3.1.3	Všeobecné dvojité konformné kužeľové zobrazenie Křovákovo.....	9
3.2	GEODETICKÉ ZÁKLADY SLOVENSKEJ REPUBLIKY .....	10
3.2.1	Základné definície.....	10
3.2.2	Záväzné referenčné systémy a ich členenie .....	10
3.2.3	Súradnicový systém S-JTSK.....	11
3.3	BODOVÉ POLE .....	12
3.3.1	Polohové bodové pole.....	12
3.3.2	Stabilizácia bodov polohového bodového poľa .....	14
3.3.3	Výškové bodové pole.....	16
3.3.4	Stabilizácia bodov výškového bodového poľa.....	16
<b>4.</b>	<b>GNSS TECHNOLOGIA.....</b>	<b>19</b>
4.1	SYSTÉMY GNSS.....	19
4.2	NAVSTAR – GPS .....	20
4.3	ŠTRUKTÚRA SYSTÉMU NAVSTAR – GPS .....	20
4.4	SLOVENSKÁ PRIESTOROVÁ OBSERVAČNÁ SLUŽBA (SKPOS).....	23
4.5	METÓDY MERANIA GNSS .....	24
4.6	KINEMATICKÁ METÓDA V REÁLNOH ČASE (RTK) .....	25
4.7	FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE PRESNOSŤ GNSS .....	26
4.8	VÝHODY A NEVÝHODY POUŽÍVANIA GNSS TECHNOLOGIE .....	26
<b>5.</b>	<b>POLOHOVISNÉ MERANIE .....</b>	<b>28</b>
<b>6.</b>	<b>VÝŠKOVÉ MERANIE.....</b>	<b>29</b>
6.1	METÓDY VÝŠKOVÉHO MERANIA .....	29
6.2	TRIGONOMETRICKÉ MERANIE VÝŠOK.....	30
6.3	POZDÍŽNY PROFIL CESTNEJ KOMUNIKÁCIE .....	32

<b>7.</b>	<b>TACHYMETRIA.....</b>	<b>33</b>
7.1	ELEKTRONICKÁ TACHYMETRIA.....	33
7.2	ELEKTRONICKÉ MERANIE DĹŽOK .....	34
<b>8.</b>	<b>REKOGNOSKÁCIA TERÉNU A PRÍPRAVNÉ PRÁCE.....</b>	<b>36</b>
8.1	POPIS LOKALITY MERANIA .....	36
8.2	VÝCHODZIE PODKLADY PRE MERANIE.....	37
8.3	REKOGNOSKÁCIA TERÉNU.....	38
8.4	VLASTNÉ BODOVÉ POLE .....	39
<b>9.</b>	<b>MERANIE .....</b>	<b>40</b>
9.1	MERANIE POLOHY A VÝŠKY BODOV MERAČSKEJ SIETE .....	40
9.2	PODROBNÉ TACHYMETRICKÉ MERANIE .....	41
<b>10.</b>	<b>SPRACOVANIE NAMERANÝCH DÁT.....</b>	<b>43</b>
10.1	SÚRADNICE BODOV MERAČSKEJ SIETE .....	43
10.2	SÚRADNICE PODROBNÝCH BODOV TACHYMETRICKY ZAMERANÝCH .....	44
<b>11.</b>	<b>DOKUMENTÁCIA PRE BUDÚCI PROJEKT .....</b>	<b>46</b>
11.1	ÚČELOVÁ MAPA POLOHOPISU.....	46
11.2	ÚČELOVÁ MAPA VÝŠKOPISU .....	47
11.3	POZDĹŽNE PROFILY CESTNÝCH KOMUNIKÁCIÍ.....	49
<b>12.</b>	<b>ZÁVER.....</b>	<b>50</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>51</b>
	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>	<b>54</b>
	<b>ZOZNAM TABULIEK .....</b>	<b>55</b>
	<b>ZOZNAM PRÍLOH.....</b>	<b>56</b>

## ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

ČSR – Československá republika

S – JTSK – Systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej

S-42 – Súradnicový systém 1942

GPS – globálny polohový systém (skratka GPS z angličtiny – Global Positioning System)

ZBPB – základné polohové bodové pole

PPBP – podrobné polohové bodové pole

ŠAGS – Štátna astronomicko-geodetická sieť

ŠTS – štátna trigonometrická sieť

ZVBP – základné výškové bodové pole

PVBP – podrobné výškové bodové pole

ŠNS – štátna nivelačná sieť

ZNB – základný nivelačný bod

PNS – plošná nivelačná sieť

TN – technická nivelácia

VPN – veľmi presná nivelácia

PN – presná nivelácia

GNSS – globálny navigačný satelitný systém (skratka GNSS z angličtiny – Global Navigation Satellite System)

NAVSTAR – Americký globálny navigačný satelitný systém (skratka NAVSTAR z angličtiny - Navigation System using Time and Ranging)

GLONASS – Ruský globálny navigačný satelitný systém (skratka GLONASS z ruštiny Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema)

USA – Spojené štáty americké (skratka USA z angličtiny – United States of America)

SKPOS – Slovenská priestorová observačná služba

EUPOS – Európska priestorová observačná služba

GKÚ – Geodetický a kartografický ústav

VPS – Virtuálna privátna sieť

WAN – rozsiahla počítačová sieť (skratka WAN z angličtiny – Wide Area Network)

RTK – Kinematická metóda v reálnom čase (skratka RTK z angličtiny – Real Time Kinematic)

RTN – GNSS metóda určovania polohy (skratka RTN z angličtiny - Real Time Network)



VRS – virtuálna referenčná stanica

DOP – parametre ovplyvňujúce presnosť určenia polohy GPS (skratka DOP z angličtiny - Dilution Of Precision)

UMS – univerzálna meracia stanica

SR – Slovenská republika

## 1. ÚVOD

Účelom predloženej bakalárskej práce bolo vyhotovenie mapových podkladov pre projekt výstavby Areálu vodných športov pod Dubňom v katastrálnom území Budatín. Ide o zameranie skutočného stavu daného územia, z čoho boli následne vyhotovené mapové podklady pre projekt, do ktorých potom architekt a projektant môžu umiestniť a naprojektovať budúcu stavbu aj so všetkými jej náležitosťami.

Predložená bakalárska práca je nepriamo členená na 2 časti, a to časť teoretickú a praktickú. V teoretickej časti sú vysvetlené činnosti geodetov pri projektovaní a výstavbe nových objektov, popísané všetky postupy, meračské metódy a systémy používané pri získavaní dát a spracovávaní tejto bakalárskej práce. Praktická časť je venovaná spracovávaniu konkrétnych podkladov pre projekt, od rekognoskácie terénu, cez získavanie dát z terénu, ich výpočty a kontroly ich presnosti, až po samotné vyhotovenie účelových máp z vypočítaných údajov.

Druhá kapitola je zameraná na činnosť geodetov pri projektovaní a výstavbe nových objektov, a na výsledky takejto geodetickej činnosti.

V tretej kapitole sú uvedené a vysvetlené geodetické a kartografické základy používané pri tvorbe tejto bakalárskej práce. Ide tu konkrétne o kartografické zobrazenie, polohový a výškový systém, v ktorých boli mapové podklady vyhotovené, a taktiež popis polohového a výškového bodového poľa, potrebného pri získavaní dát v teréne, a formy stabilizácie ich bodov.

Štvrtá kapitola opisuje novodobú rýchlu technológiu získavania súradníc, a to technológiu GNSS, jej výhody a nevýhody, faktory ovplyvňujúce presnosť merania touto technológiou, a systémy a metódy, ktorými je možné získavanie dát v teréne.

V piatej kapitole je stručne vysvetlené polohopisné meranie polárnou metódou.

Šiesta kapitola je venovaná výškovému meraniu a výpočtu týchto výšok trigonometrickou metódou, a taktiež je v tejto kapitole vysvetlený význam pozdĺžneho profilu cesty pri projektovaní a výstavbe.

V siedmej kapitole je stručne vysvetlené podrobné tachymetrické meranie a jeho význam pri projektovaní, a z konkrétnych meračských metód použitých pri spracovávaní tejto bakalárskej práce je tu vysvetlený princíp elektronickej tachymetrie a elektronického merania dĺžok.

V ôsmej kapitole sa začína praktická časť bakalárskej práce, a je tu opísaná kompletná rekognoskácia terénu v danej lokalite merania, geodetické podklady, ktoré boli dostupné pred samotným meraním v danej lokalite, a taktiež je tu opísaná príprava vlastného bodového poľa, z ktorého sa uskutočnilo celé podrobné tachymetrické meranie.

V deviatej kapitole je popísaný priebeh celého merania, od merania súradníc vlastného bodového poľa technológiou GNSS, až po podrobné tachymetrické meranie. Taktiež sú tu spomenuté geodetické prístroje použité na získavanie nameraných údajov.

V desiatej kapitole sú uvedené výpočty a spôsoby spracovania nameraných údajov z terénu a kontroly ich presnosti.

V jedenástej kapitole je vysvetlený konkrétny postup vyhotovenia mapových podkladov pre budúci projekt spolu s tým, čo všetko tieto výkresy obsahujú.

Táto bakalárska práca obsahuje aj prílohy, ktoré sa odovzdávajú spolu s výkresmi investorovi.

## 2. GEODÉZIA V INVESTIČNEJ VÝSTAVBE

Vedľa hlavného zamerania zememeračských technikov na práce v odbore evidencie nehnuteľností a mapovacie práce na celoštátnych mapových dielach je podľa [12] dnes nevyhnutná aj ich príprava na geodetické práce v investičnej výstavbe.

S výstavbou nových investičných celkov vznikajú pre geodéziu požiadavky na meranie, vytyčovanie, realizáciu a kontrolu stavebných diel.

### 2.1 Základné definície

V tejto kapitole sú použité podľa [12] definície:

**Investícia** – je súhrn všetkých činností, ktoré treba podniknúť, aby investičný zámer bol zrealizovaný čo najhospodárnejšie a aby slúžil spoločnosti.

**Investičná výstavba** – zahrňuje stavby celospoločenského významu, ako sú stavby veľkých priemyselných podnikov a sídlisk, veľké stavby dopravné, spojové vodohospodárske a pod. Riadi sa plánom rozvoja národného hospodárstva. Každá stavba musí mať predpísanú dokumentáciu.

**Investor** – je organizácia, ktorá si stavbu objednala a pre ktorú sa táto stavba aj pripravuje a robí. Zúčastňuje sa na odovzdávaní a preberaní staveniska.

**Generálny projektant** – je organizácia, ktorá má oprávnenie na projektové činnosti a ktorá má za úlohu nielen vypracovať a dodať projekt, ale aj výkon autorského dozoru.

**Dodávateľ** – je organizácia vykonávajúca stavebné a montážne práce.

Každá z vyššie uvedených organizácií určí pre rozsiahlu a zložitú stavbu alebo súhrnne pre viac takých stavieb zodpovedného geodeta v odbore svojej činnosti.

**Dokumentácia stavieb** – sa skladá z 3 častí:

- prípravná dokumentácia,
- projektová dokumentácia,
- realizačná dokumentácia.

Za súčasť dokumentácie stavieb sa považuje aj obsah zápisov v stavebnom denníku.

**Prípravná dokumentácia** – je spracovaná projektová úloha. Jej vypracovanie zabezpečuje investor buď sám, alebo v odborných organizáciách. Projektová úloha komplexne vymedzuje a zdôvodňuje požiadavky na ďalšiu prípravu a realizáciu stavby a stanovuje technickú, ekonomickú a architektonickú úroveň stavby. Je podkladom na vypracovanie projektu na základe hospodárskych zmlúv. Obsahuje vecné, stručné, účelové vymedzenie stavby, zdôvodnenie stavby a jej umiestnenie. Pri jednoduchých stavbách investor nemusí vyhotoviť projektovú úlohu.

**Projektová dokumentácia** – projekt, ktorý je súborným technickým, ekonomickým a architektonickým riešením stavby v súlade s projektovou úlohou. Vo svojom záverečnom

štádiu je podkladom na realizáciu stavby. Vypracovanie a dodávku projektu zabezpečuje generálny projektant v rozsahu a hĺbke zodpovedajúcej požiadavkám investora. Spresňuje rozsah vyňatia pôdy z poľnohospodárskeho pôdneho fondu a lesného pôdneho fondu.

**Realizačná a porealizačná dokumentácia** – je dokumentáciou dodávateľskou. Ide tu najmä o podrobné vytýčenie stavby realizovanej na základe hlavných trás, stavebných čiar a hlavných výškových bodov.

## 2.2 Geodetické práce pri výstavbe objektov a inžinierskych zariadení

Geodetické metódy, ako metódy priestorového určenia polohy bodov v určitej vzťažnej sústave, pre svoju univerzálnosť pre mapovanie, ako aj pre netopografické využitie sú podľa [19] veľmi vhodné aj pri riešení mnohých úloh v rôznych priemyselných odvetviach. Ide najmä o stavebnícky priemysel, v ktorom geodetické práce predchádzajú, sprevádzajú a často aj dokončujú stavebný proces.

Použitie geodetických metód v pozemnom a inžinierskom staviteľstve, t. j. pri výstavbe obytných, administratívnych spoločensko-funkčných objektov, pri výstavbe obvyklých ako aj špeciálnych inžiniersko-priemyselných zariadení je veľmi časté a dotýka sa všetkých etáp výstavby.

Podľa [13] sa pracovné pole geodézie v investičnej výstavbe delí do štyroch oblastí:

1. vyhotovenie geodetických podkladov pre projektovú dokumentáciu – vyhotovenie všetkých druhov mapových podkladov nevyhnutných pre každú úlohu investičnej výstavby. Na vyhotovenie geodetických podkladov sa musia použiť progresívne meracie, výpočtové a grafické techniky,
2. realizačné (vytyčovací) úlohy pri výstavbe objektov – vytyčovací práce všetkých druhov pri realizácii projektov výstavby. Rovnako dôležité sú aj kontrolné merania geometrických parametrov stavebných objektov počas ich výstavby, ktorými sa overuje postup, technológia a kvalita realizovanej výstavby,
3. vyhotovenie dokumentácie na skutočne realizovanú stavbu ako celok a jej jednotlivé stavebné objekty – podklad na preberanie stavebných objektov do používania, na usporiadanie majetkových a užívacích vzťahov, kataster nehnuteľností a na aktualizáciu štátnych mapových diel,
4. rôzne špeciálne geodetické úlohy a merania pri výstavbe a prevádzke objektov najmä pri overovaní funkčnej spoľahlivosti a bezpečnosti stavebných objektov, pri sledovaní stability objektov, pri kontrole geometrických parametrov objektov alebo technologických zariadení počas prevádzky a pod.

Ku každej geodetickej úlohe sa musí pristupovať osobitne. Vopred sa musí vypracovať teoretický, technologický, ekonomický a kvalitatívny rozbor, pri ktorom sa vychádza zo spoločenského a technického významu objektu.

Geodetické práce sú súčasťou stavebného procesu, a preto ich musia vykonávať iba kvalifikovaní pracovníci, a to najmä pri veľkých a technicky náročných stavbách.

Pri vyhotovení geodetických podkladov pre projektovanie určitej výstavby ide obvykle o polohopisné a výškopisné podklady vo vhodnej mierke, príp. o doplnujúce grafické a iné prílohy (profily, detailné snímky atď.)

Geodetickými podkladmi pri prenesení projektu stavebných objektov do terénu sú rôzne vytyčovací siete, t. j. množiny pevných a rôznym spôsobom navzájom spojených bodov, umiestnených na stavebnej ploche v potrebnom rozsahu. Sú rôzne druhy vytyčovacích sietí, ako napr. polygónové, štvoruholníkové trojuholníkové siete a pod., z ktorých sa jednotlivé druhy používajú podľa účelu výstavby, miestnych podmienok, druhu stavby, vyžadovanej presnosti, etapovosti výstavby (predpokladané obdobia pre jednotlivé časti výstavby stavebného diela) prípadne podľa osobitných podmienok investora najčastejšie však polygónové a štvoruholníkové siete. Pri budovaní vytyčovacích sietí sa postupuje vždy podľa zásady – z veľkého do malého, t. j. najprv sa určia hlavné body vytyčovacej siete (akási kostra geodetického podkladu) a potom postupne podrobnejšie body. Vytyčovací sieť sa môže budovať ako samostatná s lokálnou súradnicovou sústavou, no obvykle sa pripája na príslušnú geodetickú sieť. Veľmi často sa geodetické podklady potrebné na vyhotovenie projekčných podkladov používajú zároveň ako vytyčovací sieť, resp. sa budujú také geodetické podklady, aby sa mohli použiť pre zameranie predmetného územia aj pre vytyčovanie objektov.

Viac informácií ohľadom geodetických prác pri výstavbe sa nachádza v [13] a [19].

## 2.3 Geodetická časť projektovej dokumentácie

Podľa [9] meračské dielo by malo obsahovať (s ohľadom na využitie) tieto časti:

- technickú správu,
- geodetické podklady (napr. prehľadnú mapu územia v mierke 1 : 500 až 1 : 10 000),
- prehľad bodového poľa,
- miestopisy bodov bodového poľa,
- zoznam súradníc a výšok bodov bodového poľa,
- zápisníky a poľné náčrty,
- testovanie a spracovanie dát – výpočty,
- zostavenie výsledkov, poprípade ďalšie prílohy.

Technická správa musí obsahovať:

- popis lokality,
- účel prác,
- popis mapových a iných podkladov,
- popis prác v teréne a kancelárskych prác,
- súradnicové a výškové systémy,
- spôsoby stabilizácie jednotlivých bodov,
- použité prístroje a pomôcky.

## 2.4 Mapové podklady pre projektovanie stavieb

Mapovými podkladmi pre projektovanie stavieb sú účelové mapy, ktoré sa vyhotovujú jednak v predpísaných polohových a výškových systémoch, ale taktiež v miestnych (lokálnych) sústavách.

Tvorí sa buď odvodením z použiteľných podkladov (avšak použiteľnosť podkladu je potrebné vždy kvalifikovane zvážiť) a doplnením použiteľného podkladu domeraním, alebo priamym meraním. Ich mierka a presnosť sa volí s ohľadom na druh projektovanej stavby, stupeň väzby na existujúce objekty a metódu projektovania. Trieda presnosti podrobných bodov sa pohybuje medzi 2. a 4. a mierkové číslo od 250 do 1000.

Problematikou projektovania stavieb sa ďalej zaoberá [3] a [10].

### 3. GEODETICKÉ A KARTOGRAFICKÉ ZÁKLADY

Každé kartografické dielo musí byť vyhotovené v jednotnom kartografickom zobrazení, ktoré čo najviac eliminuje skreslenia, a v jednotnom polohovom či výškovom súradnicovom systéme. Merania dát v teréne potrebných na vyhotovenie kartografických diel podliehajú údajom bodov už existujúcich bodových polí. Touto problematikou sa zaoberajú geodetické a kartografické základy.

#### 3.1 Kartografické základy mapových diel

Mapovanie na územiach veľkého rozsahu si podľa [19] vyžaduje zvoliť pre príslušné mapové dielo čo najvhodnejšiu zobrazovaciu plochu (aby sa čo najviac eliminovali skreslenia) a súradnicovú sústavu. Počas budovania mapových diel na území bývalej ČSR, od prvých katastrálnych máp vyhotovených v bývalom Rakúsko-Uhorsku až po dnešné mapové diela, bolo použitých niekoľko rôznych zobrazovacích plôch a súradnicových sústav.

##### 3.1.1 Kartografické zobrazenia

Kartografické zobrazenie vyjadruje závislosť medzi mapou a referenčnou plochou. Závislosť je daná vzťahmi medzi bodmi alebo krivkami na referenčnej ploche im zodpovedajúcimi prvkami obrazu na mape. Zobrazenia sa určujú matematickými zobrazovacími rovnicami. Funkčná závislosť vychádza z podmienok stanovených pre vlastnosti zobrazenia a skreslenia. Zobrazenia môžu vzniknúť ako priemety alebo odvodené z iných podmienok zobrazenia. Na prevedenie bodov zo zakrivenej referenčnej plochy do roviny mapy sa používajú nasledujúce zobrazovacie plochy (rozvinuté do roviny):

- rovina,
- plášť kužeľa,
- plášť valca.

Po rozvinutí do roviny treba zvoliť pravouhlý súradnicový systém, v ktorom sa následne vykonajú výpočtové práce a konštrukcia máp.

##### 3.1.2 Delenie kartografických zobrazení

Kartografické zobrazenia (Obrázok 1) sa delia podľa troch kritérií.

Podľa typu zobrazovacej plochy na:

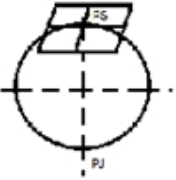
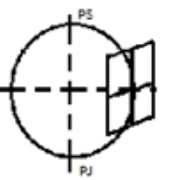
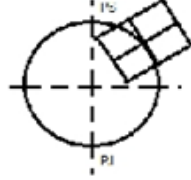
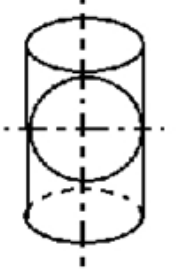
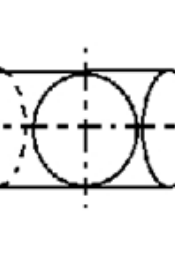

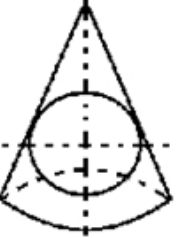
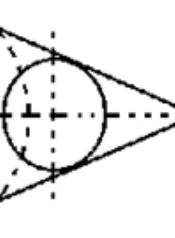

- **azimutálne zobrazenie** – časť referenčnej plochy sa zobrazuje na dotykovú rovinu. Obraz sa prenáša priamo na rovinu. Toto zobrazenie je vhodné pre územia v tvare guľového odseku,
- **valcové zobrazenie** – referenčná plocha sa zobrazí na plášť valca, ktorý sa jej dotýka alebo ju presekáva. Poludníky a rovnobežky sa zobrazujú ako sústava rovnobežných priamok, poludníky aj s konštantnými rozstupmi,
- **kužeľové zobrazenia** – obraz referenčného telesa sa zobrazí najskôr na pomocnú plochu – na plášť kužeľa, a po jeho rozvinutí dostávame rovinný



obraz. Plášť kužeľa sa referenčnej plochy buď dotýka, alebo ju presekáva. V normálnej polohe sa poludníky zobrazujú ako zväzok lúčov, ktorých počiatok leží vo vrchole kužeľa. Obraz základného poludníka je osou zobrazenia. Uholové rozostupy medzi poludníkmi na mape sú závislé od dotykovej rovnobežky alebo sečných rovnobežiek a druhu zobrazenia. Rovnobežky sa zobrazujú ako časti sústredných kružníc opísaných okolo počiatku súradnicovej sústavy a ich polomer sa mení podľa dotykovej rovnobežky a typu zobrazenia.

Podľa polohy zobrazovacej plochy na:

- **normálne (pólové)** – poloha osi rotácie je totožná s osou zobrazovacej plochy,
- **priečne (transverzálne)** – os zobrazovacej plochy leží v rovine rovníka,
- **všeobecné (šikmé).**

Zobrazenie	Poloha zobrazovacej plochy		
	Normálna	Priečna	Všeobecná
Azimutálne			
Valcové			
Kužeľové			

Obrázok 1 Zobrazovacie plochy v rôznych polohách [8]

Podľa vlastnosti skreslenia:

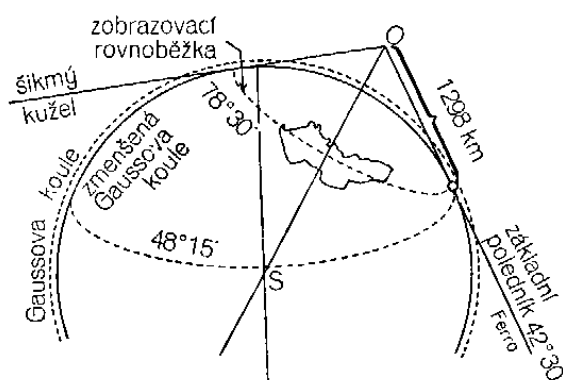
- **konformné (uhlojavné)** – zachovávajú sa uhly,
- **ekvidištantné (dĺžkojavné)** – zachovávajú sa dĺžky,
- **ekvivalentné (plochojavné)** – zachovávajú sa plochy,
- **kompensačné (vyrovnávacie)** – skreslenia sú rovnomerne rozložené.

### 3.1.3 Všeobecné dvojité konformné kužeľové zobrazenie Křovákovo

Konformné kužeľové zobrazenie vo všeobecnej polohe, nesúce meno svojho autora Ing. J. Křováka, bolo podľa [9] v bývalej ČSR zavedené v roku 1927. Dnes je používané ako národné (neumožňuje) pri zachovaní presnosti výrazne prekročiť hranice štátu) pre civilné potreby. Besselov elipsoid sa konformne zobrazil na Gaussovú guľu ( $r = 6381$  km) a odtiaľ tiež konformne na všeobecne položenú kužeľovú plochu. Preto je Křovákovo zobrazenie (Obrázok 2) **dvojité**.

Všeobecná poloha kužeľa sa zvolila preto, aby sa kužeľ dotýkal pozdĺž zobrazovacej rovnobežky a aby sa na nej z referenčnej plochy zobrazoval čo najužší pás a tým sa minimalizovalo skreslenie na  $\pm 24$  cm / km. Na zmiernenie vplyvu skreslenia sa zmenšil polomer Gaussovej guľe  $R' = 0,9999 \cdot R$ . Týmto sa dotykový kužeľ zmenil na sečný. Maximálne dĺžkové skreslenie sa pohybuje od  $-0,10$  m / km do  $+0,14$  m / km. Na plášti kužeľa rozvinutého do roviny mapy sa poludníky zobrazia ako priamky prechádzajúce z vrcholu z vrcholu kužeľa a rovnobežky ako koncentrické kružnice. Sústava rovinných pravouhlých súradnicových osí je zvolená tak, že os X leží v obraze poludníka  $42^\circ 30'$  východne od Ferra a je kladne orientovaná na juh. Os Y je kolmá na os X a je kladne orientovaná na západ. Začiatok súradnicového systému je vo vrchole kužeľa vo vzdialenosti  $1\,298\,089,0046$  m severne od zemepisnej rovnobežky  $48^\circ 15'$ . Poloha šikmého kužeľa sa zvolila tak, že os kužeľa zvierá so zemepisnou osou uhol  $30^\circ 17'$ . Súradnicový systém je zvolený tak, aby celé územie ležalo v prvom kvadrante s kladnými súradnicami X a Y.

Vo všeobecnom konformnom kužeľovom zobrazení sa prejavuje meridiánová konvergencia  $\gamma$  (poludníková zbíhavosť). Je to uhol, ktorý zvierá rovnobežka s osou X v danom bode s obrazom poludníka. Na osi X je nulová a rastie smerom na západ až na hodnotu  $9^\circ 40'$  a v praxi to znamená, že sekčné čiary mapového listu nesmerujú na sever a odchýlka je  $\gamma$ .



Obrázok 2 Všeobecné dvojité konformné kužeľové zobrazenie Křovákovo [23]

### 3.2 Geodetické základy Slovenskej republiky

Všeobecnou úlohou technickej geodézie je podľa [26] určovanie priestorovej polohy bodov. Polohu a výšku bodov určujeme vo vzťahu ku geodetickým základom.

Geodetické základy SR tvoria:

- trvalo stabilizované geodetické body, ktorých údaje sú vedené v informačnom systéme geodetických základov,
- trvalo spravované špecializované geodetické siete,
- systém prostriedkov a zariadení permanentne observujúcich bodov,
- systém prostriedkov zabezpečujúcich informačné komunikačné prostredie na správu a poskytovanie údajov z informačného systému geodetických základov.

#### 3.2.1 Základné definície

V tejto kapitole sú použité tieto definície:

**Referenčný systém** – je definovaný prijatými matematickými modelmi a konštantami na jeho realizáciu.

**Referenčný rámec** – je praktická realizácia referenčného systému. Tvoria ho napríklad body alebo permanentné stanice rozmiestnené po území alebo celej Zemi.

**Matematický model referenčného systému** – môže byť trojrozmerný, dvojrozmerný, alebo jednorozmerný súradnicový systém definovaný počiatkom, referenčnou plochou, orientáciou osí a metrikou.

**Terestrický referenčný systém** – je referenčný systém pevne spojený so Zemou. Používa sa na určovanie polohy, navigáciu a na popis tiažového poľa Zeme ako aj na popis jej fyzikálnych parametrov.

#### 3.2.2 Záväzné referenčné systémy a ich členenie

Záväzné referenčné systémy sa členia do troch kategórií:

- globálne (celosvetové) systémy,
  - Svetový geodetický systém 1984 (záväzná skratka WGS84),
  - Medzinárodný terestrický referenčný systém (záväzná skratka ITRS).
- regionálne (európske) systémy,
  - Európsky terestrický referenčný systém 1989 (záväzná skratka ETRS89),
  - Európsky vertikálny referenčný systém 2000 (záväzná skratka EVRS 2000),
  - Európsky priestorový referenčný systém (záväzná skratka ESRS).
- národné (štátne) geodetické systémy,
  - Súradnicový systém 1942 (záväzná skratka S-42),

- Súradnicový systém Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (záväzná skratka S-JTSK),
- Baltský výškový systém po vyrovnaní (záväzná skratka Bpv),
- Gravimetrický systém 1971 (záväzná skratka S-Gr 1971).

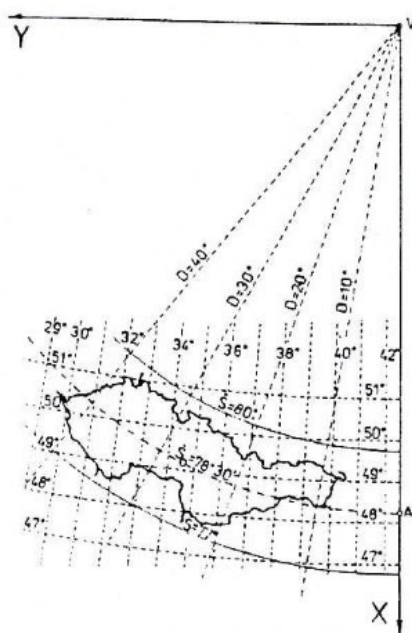
### 3.2.3 Súradnicový systém S-JTSK

Budovanie súradnicového systému S-JTSK (Obrázok 3) sa podľa [4] začalo po vzniku ČSR za cieľom rýchleho vyhotovenia geodetických polohových základov na ktoré sa mohli napojiť všetky geodetické merania.

S-JTSK bol zavedený v roku 1927 ale začal sa budovať od roku 1920. Je určený pre civilnú sféru na rozdiel od systému S-42, ktorý je určený pre vojenské použitie.

Československá Jednotná trigonometrická sieť katastrálna sa zakladala na meraní uhlov v trojuholníkoch, pričom neboli merané dĺžkové základnice, nebolo vykonané astronomické meranie a nebola spojená so susednými štátmi. Body 1. rádu vznikli medzi rokmi 1920 – 1927 a body 2. až 5. rádu vznikli medzi rokmi 1928 – 1957.

Tento systém je definovaný Besselovým elipsoidom s referenčným bodom Hermannskogel, Křovákovým konformným kužeľovým zobrazením vo všeobecnej polohe, prevzatými prvkami siete vojenskej triangulácie (orientáciou, rozmerom a polohou na elipsoide) a súborom súradníc bodov Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej.



Obrázok 3 Súradnicový systém S-JTSK,  
kartografické poludníky a rovnobežky [11]

Systém baltský po vyrovnaní sa označuje ako výškový systém používaný na Slovensku a ďalších krajinách. Jeho nulovým bodom (bodom s nulovou nadmorskou výškou) je nula stupnice vodočtu umiestneného na brehu Baltského mora v Kronštade (neďaleko Petrohradu). Systém je ďalej definovaný súborom normálnych výšok

z medzinárodného vyrovnania nivelačných sietí a používa normálne výšky (Moloděnského). Výšky v tomto systéme sú menšie o 38 cm až 42 cm oproti Jadranskému systému, v ktorom sa ako základ výškovej siete používala stredná hladina Jadranského mora v Terste.

### 3.3 Bodové pole

Bodové pole je súbor bodov, ktoré sú v teréne vhodne rozmiestnené a trvale označené. Majú presne určené súradnice  $x$ ,  $y$ , nadmorskú výšku alebo tiažové zrýchlenie.

Bodové pole sa podľa [26] delí na:

- polohové bodové pole,
- výškové bodové pole,
- tiažové bodové pole.

Každé z uvedených bodových polí sa ešte delí na **základné** a **podrobné**.

Body **základných** bodových polí vytvárajú geodetické siete:

- polohová (trigonometrická) sieť,
- výšková (nivelačná) sieť,
- gravimetrická (tiažová) sieť,
- SLOVGERENET (slovenská geodetická referenčná sieť) – body tejto siete majú určené zemepisné súradnice, nadmorskú výšku a pridáva sa aj **štvrtý rozmer – čas** zvyčajne k počiatku roku. Pri meraní sa používa technológia GNSS. Táto sieť je vybudovaná v rámci Európy a napája sa na svetovú sieť.

#### 3.3.1 Polohové bodové pole

Polohové bodové pole tvorí podľa [17] základ polohového merania, a delí sa na:

- základné polohové bodové pole (ZBPB),
- podrobné polohové bodové pole (PPBP).

Základné polohové bodové pole obsahuje body:

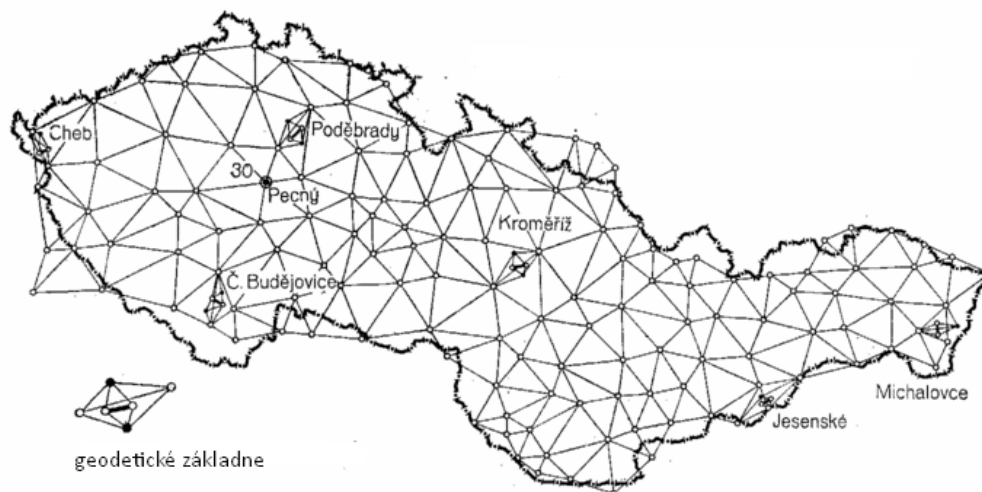
- Štátnej astronomicko-geodetickej siete (ŠAGS),
- Štátnej trigonometrickej siete (ŠTS), ktorá sa podľa postupu budovania delí na trigonometrické siete I. až V. rádu.

Podrobné polohové bodové pole obsahuje:

- pevné body podrobného polohového bodového poľa 1. až 5. triedy presnosti,
- dočasne stabilizované body 2. až 5. triedy presnosti.

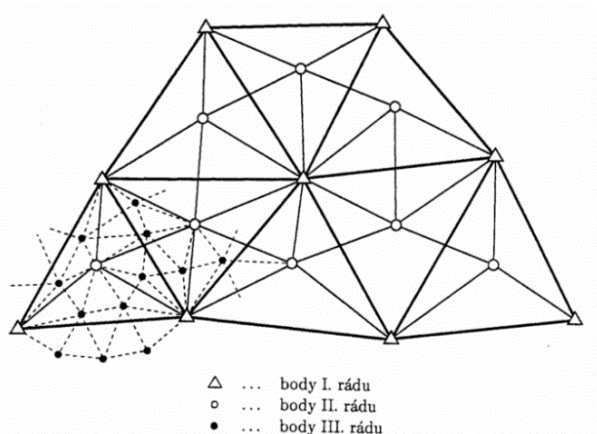
Body **ZBPB** sú vrcholové body trojuholníkovej siete, ktoré sú v prírode trvalo označené (stabilizované a signalizované) a ktorých poloha bola určená presným meraním a výpočtom so zreteľom sféroidický tvar Zeme.

Body **ŠAGS** (Obrázok 4) tvoria vrcholy trojuholníkov s priemernou dĺžkou strán 40 km až 60 km a okrem pravouhlých súradníc majú určené aj zemepisné súradnice, pričom na týchto bodoch boli vykonané taktiež gravimetrické merania zemskej tiaže.



Obrázok 4 Česká a Slovenská Štátna astronomicko-geodetická sieť [22]

Body **ŠTS** sú trigonometrické body, ktoré sa podľa presnosti zaraďujú do I. až V. rádu (Tabuľka 1), a ktoré vznikli postupným vkladáním ďalších bodov (Obrázok 5) do ŠAGS. Priemerná dĺžka strán trigonometrickej siete I. rádu je 25 km, II. rádu je to 13 km, III. rádu 7 km, IV. rádu 4 km a V. rádu 1,5 km až 2 km.



Obrázok 5 Polohové geodetické základy a princíp ich budovania [22]

Vzájomná poloha bodov trigonometrickej siete bola určená meraním všetkých uhlov v trojuholníkoch. Jej rozmer bol určený z jednej alebo viacerých priamo meraných základníc dlhých 6 km až 10 km.

Tabuľka 1 Presnosť trigonometrických bodov

Rad trigonometrickej siete	I.	II.	III.	IV.	V
$m_{xy}$ [m]	0,040	0,035	0,030	0,025	0,015

Trigonometrická sieť svojou hustotou nie vždy stačí na tvorbu konkrétnych mapových podkladov, na rôzne vytyčovací práce a pod. Medzi existujúce trigonometrické body sa preto vkladajú ďalšie body, ktoré vytvárajú podrobné polohové bodové pole (PPBP). Trigonometrickú sieť možno zhustiť jednotlivými bodmi, resp. celým radom bodov vo forme polygónového ťahu alebo reťazca.

Body **PPBP** sú v prírode trvalo alebo iba dočasne stabilizované body, ktoré slúžia ako stanoviská prístrojov počas geodetického meraní, vytyčovania a kontrolných geodetických prác. Ich hustota a rozmiestnenie sa volí s ohľadom na maximálnu účelnosť a hospodárnosť. Tieto body sa zaraďujú do piatich tried presnosti (Tabuľka 2).

Tabuľka 2 Kritéria presnosti PPBP

Trieda presnosti	$U_{xy}$ [m]	$U_H$ [m]	$U_V$ [m]
1	0,04	0,03	0,30
2	0,08	0,07	0,40
3	0,14	0,12	0,50
4	0,26	0,18	0,80
5	0,50	0,35	1,50

### 3.3.2 Stabilizácia bodov polohového bodového poľa

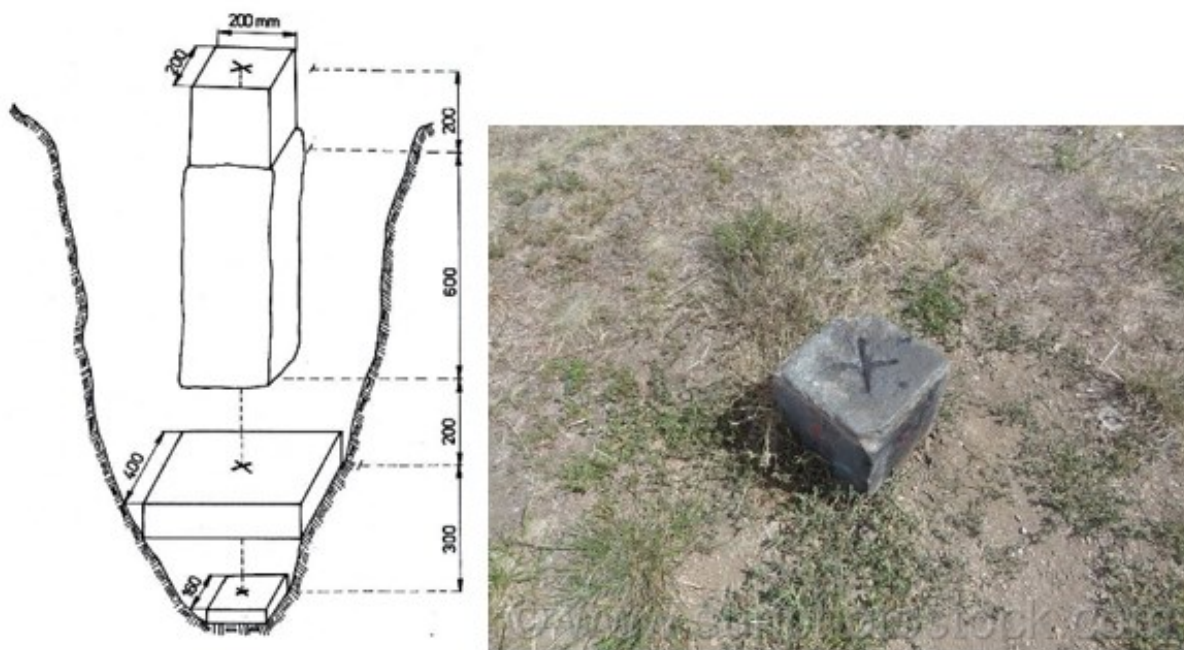
**Stabilizácia bodov** sa vykonáva trvalou alebo dočasnou stabilizáciou a to podľa stupňa dôležitosti bodu.

Ako **dočasná** meračská značka sa používa drevený kolík hrúbky asi 0,05 m a dĺžky 0,3 m až 0,5 m. Presná poloha bodu sa vyznačuje na hlave kolíka krížikom alebo zatlčeným klincom (Obrázok 6). Podľa [27] stabilizácia dreveným kolíkom vydrží len v priebehu jedného meračského obdobia (od jari do jesene). Pôsobením tepelných a vodných režimov v pôde dochádza k znehodnoteniu takejto stabilizácie a to najmä účinkami mrazov počas zimného obdobia. Preto vhodnejšou dočasnou stabilizáciou sú železné tyče alebo rúrky o dĺžke cca 0,6 m až 1 m, prípadne geodetické klince zatlčené do asfaltovej plochy ak sa takáto plocha nachádza v danej lokalite.



Obrázok 6 Dočasná stabilizácia bodov

**Trvalá** stabilizácia (Obrázok 7) sa používa len pri dôležitých bodoch, ktoré je potrebné zachovať aj pre neskoršie meračské a vytyčovacie práce. Medzi takéto body patria trigonometrické body, body 1. až 3. triedy presnosti a iné body technického významu, ktoré zaisťujú napr. os tunela, os mostu a pod.



Obrázok 7 Trvalá stabilizácia trigonometrického bodu [27]

Polohové bodové pole sa buduje v súradnicovom systéme Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (S-JTSK). Vykonávať geodetické práce v iných súradnicových systémoch možno len so súhlasom Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (ÚGKK SR). Súradnice bodov odovzdané do dokumentácie musia byť transformované do S-JTSK.



### 3.3.3 Výškové bodové pole

Výškové bodové pole tvorí základ výškových meraní. Podľa [17] sa delí na:

- základné výškové bodové pole (ZVBP),
- podrobné výškové bodové pole (PVBP).

Základné výškové bodové pole obsahuje body Štátnej nivelačnej siete (ŠNS), do ktorej patria:

- základné nivelačné body (ZNB), ktorých celkový počet je 11,
- nivelačná sieť I., II., III. a IV. rádu,
- plošné nivelačné siete (PNS).

Podrobné výškové bodové pole obsahuje:

- stabilizované body technických nivelácií,
- body polohových a tiažových bodových polí, ktorých výšky boli určené technickou niveláciou.

Nivelačná sieť I. rádu je tvorená nivelačnými ťahmi zoskupenými do nivelačných polygónov, ktoré majú priemernú dĺžku obvodu 300 km. Tieto nivelačné polygóny ohraničujú nivelačné oblasti I. rádu.

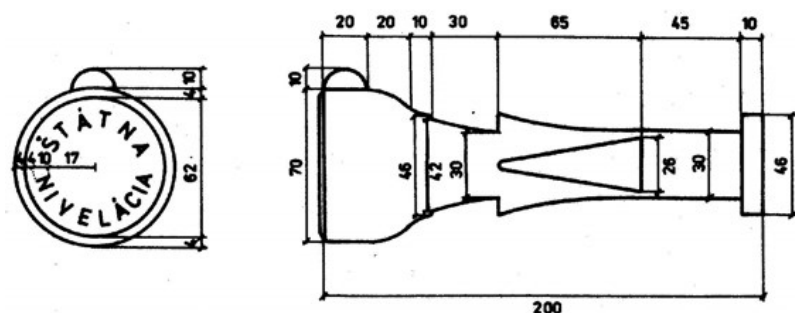
Nivelačná sieť II. rádu je tvorená nivelačnými ťahmi vloženými do nivelačných oblastí I. rádu. Tieto nivelačné ťahy majú obvod okolo 100 km. Do nich sú postupne vložené nivelačné siete III. a IV. rádu a taktiež aj PNS.

Nivelačné siete sú zvyčajne budované pozdĺž ciest a železníc, avšak v mestských častiach sa rozvetvujú do podrobných nivelačných sietí. Hustota výškových bodov v nivelačnom ťahu je približne 500 m.

Geodetický základ pre podrobné výškové bodové pole tvorí Štátna nivelačná sieť, na ktorú sa pripájajú nivelačné ťahy technickou niveláciou (TN).

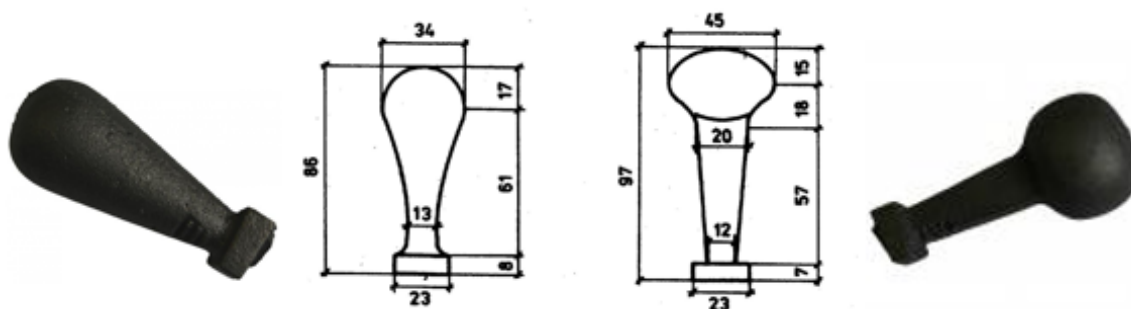
### 3.3.4 Stabilizácia bodov výškového bodového poľa

**Stabilizácia** nivelačných bodov I. až III. rádu (Obrázok 8) je realizovaná čapovými značkami, ktoré sú zabetónované vodorovne do zvislých skalných masívov, základov budov, pilierov mostov a osobitných nivelačných kameňov tak, aby boli nad úrovňou terénu do výšky 0,5 m a aby bol nad značkou voľný priestor (približne 4,2 m) na zvislé postavenie laty.



Obrázok 8 Stabilizácia nivelačných bodov – čapová nivelačná značka [6]

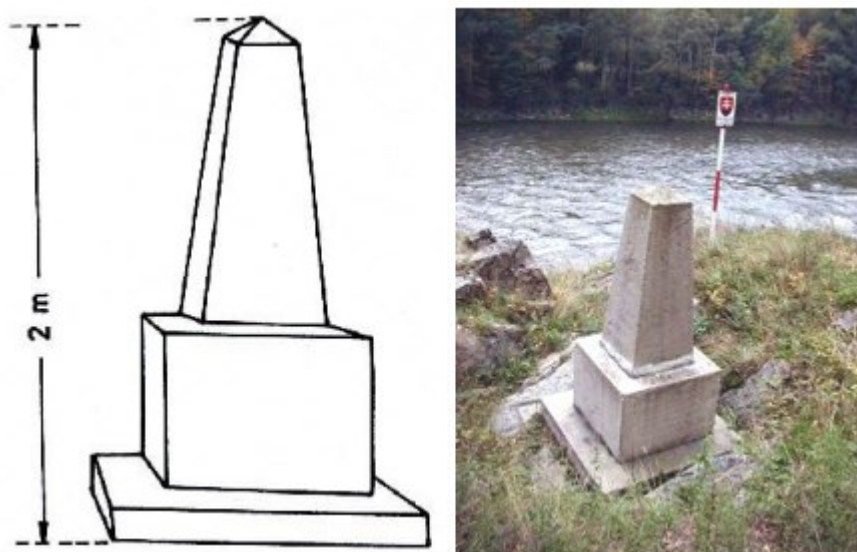
Body podrobnej nivelácie sa môžu stabilizovať aj klincovými značkami (Obrázok 9), ktoré sú osadené v zvislej polohe do mostných pilierov, nivelačných kameňov, priepustov a pod.



Obrázok 9 Stabilizácia nivelačných bodov – klincová nivelačná značka [6]

V poľných honoch, kde nie je vhodný stavebný objekt, alebo skalný podklad, sa podľa [28] osadzujú značky do kamenných hranolov a to buď zboku, alebo do temena. Keď je pôda málo pevná, alebo ide o nivelačnú značku väčšej dôležitosti, hranoly sa kladú na podkladnú kamennú alebo betónovú dosku.

Základné nivelačné body, ktoré musia byť rozmiestnené na geologicky pevných miestach zaisťujú nadmorské výšky celého výškového bodového poľa. Tieto body sú stabilizované trvalou stabilizáciou (Obrázok 10) čo najodolnejšou proti poškodeniu a to vyhladenou plôškou rozmerov 0,15 m x 0,15 m na skalnom masíve asi 0,5 m pod úrovňou terénu. Značky sú chránené dutým blokom s krycím pomníkom, na ktorom je vonkajšia výšková značka k pripojovacím meraniam. Základné nivelačné body sú zaistené dvoma až štyrmi bodmi z Monelovho kovu alebo zo skla. Značkou zo skla sú stabilizované aj také ZNB, kde sa nedá vyhladiť plôška predstavujúca stabilizáciu výškového bodu.



*Obrázok 10 Základný nivelačný bod Strečno [28]*

## 4. GNSS TECHNOLOGIA

GNSS je možné podľa [9] využiť v množstve ľudských činnosti. Medzi hlavné aplikácie GNSS patrí navigácia lietadiel, lodí, pozemných dopravných prostriedkov, ale taktiež aj turistov, stavebných a poľnohospodárskych strojov a pod.

GNSS revolučným spôsobom zmenili geodetické technológie určovania rozmerov, tvaru a povrchu Zeme a jeho mapovania, vrátane prác s tým spojených. Prvýkrát je možné priamo určovať priestorové súradnice meračských bodov, ktoré môžeme programovým vybavením transformovať do súradnicových systémov národných kartografických zobrazení a z nich počítať ľubovoľné geometrické vzťahy.

### 4.1 Systémy GNSS

Technológiu GNSS používajú tieto systémy:

1. **Systém TRANSIT** – je to družicový navigačný systém, ktorý je predchodcom systému GPS, určeného taktiež pre armádne účely USA. Systém TRANSIT vznikol v rokoch 1958 – 1963. Využíval 6 družíc, ktoré boli umiestnené na polárnych kruhových obežných dráhach. Ich obežná doba bola približne 107 minút. V roku 1967 bol tento systém uvoľnený aj pre civilných užívateľov.
2. **NAVSTAR – GPS** (Navigation System using Time and Ranging – Global Positioning System) – tento systém je priamym nástupcom systému TRANSIT. Za bežné označenie tohto systému sa zvolilo skrátené označenie GPS. V súčasnosti je tento systém najrozšírenejším globálnym pozičným (navigačným) systémom na Zemi. Podrobnejší popis tohto systému je v podkapitole 4.2 a 4.3.
3. **GLONASS** (Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema) – ide o pôvodne sovietský, ale momentálne ruský družicový navigačný systém. Začiatkom jeho vývoja je polovica 70. rokov 20. storočia. Tento systém je pod kontrolou a správou vojenských kozmických síl ruského ministerstva obrany. Bol navrhnutý podobne ako GPS a to tak, aby poskytoval informácie o čase a polohe na Zemi a v jej blízkom okolí 24 hodín denne. Systém používa dva signály z ktorých ten presnejší je vyhradený iba pre ruských vojenských užívateľov. Druhý, menej presný signál, je prednostne určený pre civilných užívateľov. Presnosť pre vojenské účely je utajovaná. Riadiace centrum sa nachádza v Moskve.
4. **GALILEO** – vyvíjaný Európskou kozmickou agentúrou na základe rozhodnutia Európskej komisie. Jedným z hlavných dôvodov pre vznik tohto systému bola snaha o získanie kontinentálneho systému nezávislého na NAVSTAR – GPS alebo GLONASS, plne riadeného Európskou úniou.
5. **COMPASS (Beidou)** – systém vyvíjaný Čínou od roku 2010 a jeho názov vznikol podľa súhvezdia Beidou, ktoré v našom jazyku nesie názov Veľký

voz. Od roku 2008 je tento systém pod názvom Compass využitelný v oblasti Číny a jej blízkom okolí pre otvorené (civilné) využitie s presnosťou 10 m.

6. **IRNSS** (Indian Regional Navigational Satellite System) – tento systém nemá ambície stať sa globálnym navigačným systémom. Je budovaný Indiou ako miestny navigačný satelitný systém. Nad územím Indie a okolitých oblastí do vzdialenosti 2000 km by mal poskytovať polohovú presnosť lepšiu ako 20 m. Tento systém sa vyvíja od roku 2006.

## 4.2 NAVSTAR – GPS

Tento systém dnes patrí medzi najrozšírenejšie a najpoužívannejšie systémy GNSS. Je to systém, ktorý umožňuje pomocou družíc a príslušných prístrojov určovať trojrozmerné súradnice na povrchu Zeme ale aj vo vzduchu. Buduje sa od 17. apríla 1973 podľa požiadaviek ministerstva obrany USA. Bol vymyslený pre vojenské účely. Celý systém musí byť odolný voči rušeniu a vo svojich špičkových možnostiach nedostupný neoprávneným užívateľom. Po jeho úplnom dobudovaní je systém schopný poskytovať údaje 24 hodín denne, za každého počasia, kdekoľvek na povrchu Zeme a v jeho blízkosti. Slúži pozemnej, námornej a leteckej navigácii, k meračským účelom, pre geofyzikálne výskumy, mapovanie, lokalizáciu a navigáciu lietadiel a vozidiel.

### Technické parametre

Podľa [14] družice vysielajú signály na dvoch nosných frekvenciách L1 a L2, ktoré odvodzujú od základnej frekvencie  $f_0 = 10,23$  MHz.

- Frekvencia **L1** – 1575,42 MHz ( $154 \cdot f_0$ ) má vlnovú dĺžku 19 cm. Je modulovaná dvoma meracími kódmi:
  - **P-kód** (presný kód) – rovnice pre jeho dekódovanie sú všeobecne známe a nie sú tajné takže tento kód je prístupný pre civilné aplikácie, ale môže byť pre vojenské účely aj zašifrovaný. Potom sa označuje ako **Y-kód** ktorého dekódovacie rovnice sú už tajné a poznajú ich iba autorizovaní užívatelia. Keď sa armáda rozhodne aktivovať Y-kód (teda šifrovať P-kód), civilní užívatelia nebudú môcť využívať ani P-kód a ani Y-kód,
  - **C/A kód** – má frekvenciu 1,023 MHz. Rovnice pre jeho dekódovanie sú všeobecne známe a nie sú tajné, preto je tento kód bežne prístupný pre civilné aplikácie (navigácia, mapovanie).
- Frekvencia **L2** – 1227,60 MHz ( $120 \cdot f_0$ ) má vlnovú dĺžku 24 cm. Je modulovaná iba P-kódom (resp. jeho šifrovanou variantou – Y-kódom).

## 4.3 Štruktúra systému NAVSTAR – GPS

Systém NAVSTAR – GPS tvoria 3 základné segmenty:

- radiaci segment,
- kozmický segment,
- užívateľský segment.

### Riadiaci segment

Riadiaci segment zodpovedá za riadenie celého globálneho polohového systému. Jeho hlavnou úlohou je aktualizácia údajov obsiahnutých v družicových navigačných správach. Je tvorený sústavou piatich pozemných monitorovacích staníc (Obrázok 11) umiestnených vo veľkých vojenských základniach americkej armády (Havaj, Kwajalein, Diego Gracia, Ascension a Colorado Springs). V Colorado Springs je na leteckej základni Falcon umiestnená hlavná riadiaca stanica. Okrem toho riadiaci segment zahŕňa ešte tri stanice pre komunikáciu s družicami umiestnená na vojenských základniach Kwajalein, Diego Gracia a Ascension, ktoré umožňujú vysielat' na družice údaje o ich obežných dráhach, nastavovať hodiny, aktualizovať navigačné správy a ovládať družice.

Pozemné monitorovacie stanice sú riadené diaľkovo z hlavnej riadiacej stanice. Merajú signály vysielané družicami a získané údaje následne prenášajú do hlavnej riadiacej stanice, v ktorej sú na základe prijatých výsledkov meraní vypočítané presné údaje obežných dráh (efemeridy) a korekcie hodín pre jednotlivé družice, a prenesené na vysielacie stanice, ktoré potom minimálne raz za deň vysielajú efemeridy a údaje o nastavení hodín na jednotlivé družice. Tie potom prostredníctvom rádiových signálov vysielajú efemeridy svojich obežných dráh a presný čas do GPS prijímačov.

Keďže hlavná riadiaca stanica je umiestnená v opevnenom bunkri v Skalistých horách a taktiež má špeciálnu ochranu, predpokladá sa, že v prípade vojenského útoku je systém vcelku málo zraniteľný. Družice sú chránené pred elektromagnetickým impulzom vyvolaným kozmickým jadrovým výbuchom. Zraniteľné sú preto iba pozemné monitorovacie a komunikačné stanice, ktoré ale však vzhľadom k ich jednoduchej konštrukcii nie je problém kedykoľvek rýchlo obnoviť.



Obrázok 11 Rozmiestnenie pozemných staníc riadiaceho segmentu [2]

### Kozmický segment

Kozmický segment je tvorený sústavou družíc (Obrázok 12), ktoré sú systematicky rozmiestnené na obežných dráhach a vysielajú navigačné signály.



Obrázok 12 Družica [5]

Konštalácia kozmického segmentu (Obrázok 13) pozostáva z 24 družíc, z toho 21 navigačných a troch aktívnych záložných družíc obiehajúcich okolo Zeme po šiestich obežných dráhach pootočených o  $60^\circ$ . Sklon dráhy oproti rovníku je  $55^\circ$ . Družice sa nachádzajú vo výške 20350 km nad Zemou a pohybujú sa rýchlosťou 3,8 km/s. Družice majú hmotnosť približne 845 kg a ich životnosť je asi 7,5 roka. Obežné dráhy majú stálu pozíciu voči Zemi. Usporiadanie družíc poskytuje užívateľom signál z minimálne 4 družíc a maximálne 12 družíc.



Obrázok 13 Konštalácia družíc [21]

### Užívateľský segment

Tento segment sa skladá z GPS prijímačov rôznych druhov, od vreckových turistických až po presné geodetické aparatúry, ďalej zo samotných užívateľov (Obrázok 14) a vyhodnocovacích nástrojov a postupov. Prijímače GPS vykonávajú na základe signálov prijatých z družíc výpočty polohy, rýchlosti a času. Pre výpočet všetkých štyroch súradníc (x, y, z a t) je potrebné prijímať signály minimálne zo štyroch družíc. Prijímače sa používajú pre navigáciu, určovanie polohy, meračstvo, určovanie presného času, ale aj pre iné účely ako je napríklad štúdium parametrov atmosféry alebo štúdium pohybu kontinentálnych dosiek.





Obrázok 14 Uživateľský segment [18]

#### 4.4 Slovenská priestorová observačná služba (SKPOS)

Slovenská priestorová observačná služba je podľa [7] multifunkčný nástroj pre presné určovanie polohy objektov pomocou globálnych navigačných satelitných systémov. Používateľom umožňuje pracovať on-line (použitie kinematickej metódy v reálnom čase z využitím sieťového riešenia) alebo dodatočne v záväzných geodetických referenčných systémoch ETRS89 a S-JTSK. Pozostáva zo siete 21 dvojfrekvenčných permanentných referenčných staníc GNSS, ktoré sú pripojené pomocou privátnej virtuálnej siete do Národného servisného centra nachádzajúceho sa na Geodetickom a kartografickom ústave v Bratislave. SKPOS bola od roku 2006 jeden rok v skúšobnej prevádzke a od roku 2007 fungovala a bola spojazdnená. Je tvorená v rámci európskej siete EUPOS. V súčasnosti je najvyužívanejšou službou Odboru geodetických základov GKÚ Bratislava a svojim používateľom je k dispozícii 24 hodín denne. Prevádzkovateľ siete SKPOS je Geodetický a kartografický ústav Bratislava.

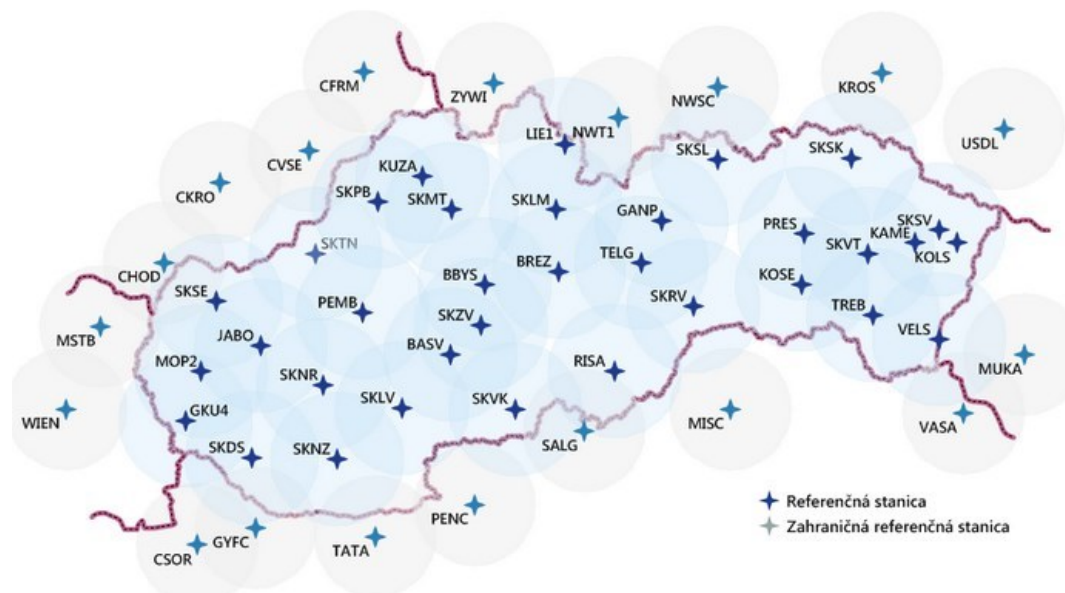
Referenčné stanice na území Slovenska sú vybudované prevažne na nosných častiach na strechách budov prevažne katastrálnych odborov okresných úradov, prípadne sú stabilizované pomocou železobetónového piliera, alebo špeciálnou hĺbkovo vŕtanou tyčovou stabilizáciou. Sú taktiež pripojené presnou niveláciou k Štátnej nivelačnej sieti, čo umožnilo určenie ich nadmorských výšok v systéme Bpv. Prijímajú signály z družicových systémov NAVSTAR – GPS a GLONASS a viaceré aj signály zo systémov Galileo a Beidou. Až 10 permanentných staníc na Slovensku spĺňa typom stabilizácie (pomocou železobetónového piliera alebo hĺbkovo vŕtaná tyčová stabilizácia) aj vysoké nároky na kvalitu stabilizácie, a preto sú tieto stanice zaradené aj do siete používanej na diagnostikovanie deformácií zemského povrchu na území Slovenska.

##### Virtuálna privátna sieť VPS-WAN

Z dôvodu potreby kvalitnej a stabilnej komunikácie medzi referenčnými stanicami služby SKPOS (Obrázok 15) a Národným servisným centrom, je väčšina referenčných staníc umiestnená v blízkosti katastrálnych odborov Okresných úradov, ktoré sú pripojené na rezortnú virtuálnu privátnu sieť (VPS). K ostatným referenčným staniciam na území



Slovenska je VPS vybudovaná najmä cez pevné pripojenia. VPS slúži na prenos údajov z referenčných staníc do národného servisného centra a na komunikáciu s používateľmi prostredníctvom internetu. Zahraničné stanice partnerských národných polohových služieb sú zapojené do SKPOS prostredníctvom externej WAN siete.



Obrázok 15 Sieť referenčných staníc SKPOS [16]

## 4.5 Metódy merania GNSS

Poloha prijímača GPS je podľa [9] určená geometrickým pretínaním z meraných vzdialeností medzi satelitmi a aparátúrou, ktoré sa určujú spracovaním družicového signálu.

Metódy merania GPS sa delia podľa niekoľkých kritérií.

**Podľa meraných veličín sa delia metódy merania GPS na:**

- kódové – využívajú kódové merania, pričom sa stanoví pseudovzdialenosť (vzdialenosť zaťažená systematickou synchronizačnou chybou hodín spôsobenou tým, že sa signál nešíri vo vákuu) ako súčin času a rýchlosti šírenia signálu medzi družicou a anténou,
- fázové – využívajú fázové merania, ktoré sú presnejšie ako kódové merania, pričom vzdialenosti medzi družicou a GPS aparátúrou sú určované z merania nosnej vlny GPS signálu, pričom nesmie dôjsť ani ku krátkodobému prerušeniu signálu, čo by znamenalo znemožnenie správneho celočíselného násobku vlnovej dĺžky (ambiguity),
- kombinované – využívajú fázové aj kódové merania.

**Podľa doby získania výslednej polohy sa delia metódy merania GPS na:**

- metódy v reálnom čase – (real-time processing) – výsledky sú známe okamžite v teréne,
- metódy s následným spracovaním (postprocessing) – merané dáta sa registrujú a následne sa v kancelárii dodatočne spracovávajú.

**Podľa pohybu prijímača sa delia metódy merania GPS na:**

- statické (static) – prijímač je v dobe merania v kľude,
- kinematické (kinematic) – prijímač sa počas merania pohybuje.

**Podľa počtu použitých prijímačov sa delia metódy merania GPS na:**

- autonómne (absolutné) – využíva iba GPS prijímač,
- diferenčné a relatívne metódy – využívajú sa minimálne dve GPS aparatúry.

#### **4.6 Kinematická metóda v reálnom čase (RTK)**

Pre túto metódu je podľa [7] zaužívaný názov RTK, ktorý vznikol ako skratka z anglického názvu Real Time Kinematic. Táto metóda vyžaduje prístrojové vybavenie pozostávajúce z jedného referenčného nepohybujúceho sa prijímača označovaného aj ako báza a druhého pohybujúceho sa prijímača označovaného aj ako rover. Obidva tieto prijímače musia simultánne uskutočňovať fázové merania na družice GNSS. Je nevyhnutné, aby medzi obidvoma prijímačmi fungovalo neustále rádiové alebo internetové spojenie, ktoré zabezpečuje prenos meraných dát z referenčného prijímača do pohybujúceho sa prijímača. Pohybujúci sa prijímač musí mať v sebe zabudovaný softvér na spracovanie fázových meraní, na základe ktorých je hneď po inicializácii schopný z prijatých a z vlastných meraní vytvárať diferencie a počítať relatívnu polohu vzhľadom na polohu referenčného prijímača. Na väčšie vzdialenosti je tiež možné data prenášať pomocou mobilných telefónov. Avšak treba si uvedomiť, že presnosť metódy RTK klesá s narastajúcou vzdialenosťou pohybujúceho sa prijímača od referenčného prijímača. Uplatnenie tejto metódy je teda závislé na dosahu (dostupnosti) signálu modemu a terénnych podmienkach. Pre zaistenie centimetrovej presnosti by vzdialenosť medzi referenčným prijímačom a pohyblivým prijímačom nemala presahovať vzdialenosť 10 km. Na odstránenie tohto nedostatku bola vyvinutá metóda Real Time Network (RTN). Táto metóda využíva sieť referenčných staníc (Obrázok 15) rozmiestnených po záujmovom území v odporúčanej vzdialenosti, ktoré v reálnom čase odosiľajú svoje observácie do riadiaceho centra, kde sú spracovávané. Služba SKPOS poskytuje svojim používateľom korekcie výlučne v koncepte virtuálnej referenčnej stanice (VRS). Tento koncept je založený na generovaní korekcií pre VRS, nachádzajúcu sa v blízkosti miesta pohybujúceho sa prijímača (ale iba niekoľko metrov). Pohybujúci sa prijímač používa a interpretuje dáta z VRS rovnako, ako keby pochádzali z reálnej referenčnej stanice nachádzajúcej sa v jeho blízkosti. Týmto narastá možný dosah od referenčných staníc SKPOS až na 50 km.

Výhodou tejto metódy je získanie súradníc v reálnom čase. Ich znalosť ihneď počas merania umožňuje obsluhu GPS kvalifikovane voliť ďalšie body pre tvorbu mapy podľa konfigurácie terénu.

#### 4.7 Faktory ovplyvňujúce presnosť GNSS

Meranie GPS je podľa [9] rovnako ako aj každé iné meranie ovplyvňované systematickými chybami, vznikajúcimi pri šírení signálu ionosférou a troposférou. V týchto vrstvách atmosféry nie je vákuum, a preto tam dochádza k oneskoreniu signálu. Pre elimináciu tohto javu sa používajú opravy vypočítané na základe troposférických a ionosférických modelov.

Náhodnou chybou, ktorá môže ovplyvňovať presnosť merania je takzvaný multipath. Ide o viaccestné šírenie GPS signálu, spôsobené odrazom o zemský povrch, strechy budov alebo iné predmety.

Presnosť určenia polohy taktiež ovplyvňuje geometrická konfigurácia použitých družíc. Tento vplyv je popísaný DOP (Dilution Of Precision) parametrami. GDOP (Geometric DOP) charakterizuje vplyv na všetky určované veličiny. PDOP (Position DOP) ovplyvňuje priestorové určenie polohy. HDOP (Horizontal DOP) pôsobí na horizontálnu zložku polohy a VDOP (Vertical DOP) na výškovú zložku polohy. TDOP (Time DOP) určuje vplyv na určenie korekcie hodín prijímača. Čím lepšia je konfigurácia družíc, tým sú menšie číselné hodnoty DOP a väčšia presnosť určovania polohy.

Presnosť určenia polohy taktiež ovplyvňuje **elevačný uhol**, pod ktorým sa nachádzajú družice voči horizontu antény. Na signál z družíc s malým elevačným uhlom má chyba zo šírenia signálu väčší vplyv ako na signál z družíc s väčším elevačným uhlom. Elevačný uhol sa najčastejšie volí v rozmedzí od 10° do 15°.

Pre relatívnych a diferenčných metódach pôsobí na presnosť taktiež dĺžka základne – vzdialenosť medzi referenčnou stanicou a pohyblivým prijímačom.

#### 4.8 Výhody a nevýhody používania GNSS technológie

Každá technológia má vždy nejaké svoje výhody, ale aj nevýhody. Preto vždy treba podľa výhod a nevýhod dôkladne zvážiť výber tých najvhodnejších technológií pre dané meranie a danú lokalitu. Výnimkou nie je ani GNSS technológia, ktorá taktiež má množstvo výhod, ale aj nevýhod.

Výhody GNSS technológie sú nasledovné:

- vysoká presnosť,
- nie je potrebná viditeľnosť medzi daným a určovaným bodom,
- rýchlosť merania,
- na rozdiel od iných metód dáva trojrozmerné súradnice,
- systém pracuje 24 hodín denne,
- meranie nie je závislé na atmosférických podmienkach.

Nevýhody GNSS technológie sú nasledovné:

- nie je možné meranie v podzemí a v lese,
- horšia presnosť merania v hustom poraste a v zastavanom území,
- je nutná viditeľnosť na družice,
- závisí na prevádzkovateľovi systému (najväčšia nevýhoda).

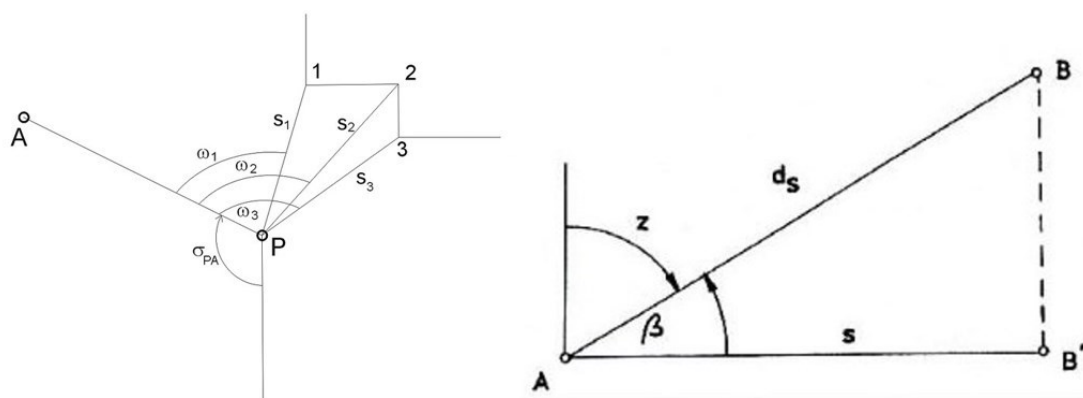
## 5. POLOHOPISNÉ MERANIE

Cieľom polohopisného merania je podľa [17] vyhotovenie situačnej čiže polohopisnej mapy daného územia. Pri polohopisnom meraní sa merajú uhly a dĺžky z bodov polohového bodového poľa (PBP), z ktorých sa potom určujú poloha, tvar a veľkosť zobrazovaných predmetov.

Najpoužívanejšou metódou polohopisného merania je metóda polárnych súradníc, používaná pri meraní pomocou univerzálnej meracej stanice (UMS).

### Metóda polárnych súradníc

Pri meraní touto metódou sa polohy bodov určujú polárnymi súradnicami, ktorými sú vodorovný uhol a vodorovná dĺžka (Obrázok 16) zo stanoviska UMS postaveného nad bodom PPBP stabilizovanom dočasnou stabilizáciou, ktorá je podrobnejšie popísaná v podkapitole 3.3.2. Avšak pri meraní pomocou UMS, ktorá nemeria vodorovné dĺžky, sa merajú aj zenitové uhly a šikmé dĺžky od stanoviska UMS po určovaný podrobný bod (Obrázok 16), z ktorých potom UMS dokáže vypočítať vodorovnú dĺžku potrebnú na určenie polohy bodu. Vodorovné uhly sa merajú na jednotlivé body od východiskového (nulového) smeru.



Obrázok 16 Princíp metódy polárnych súradníc [24]

Na Obrázku 16 znamená:

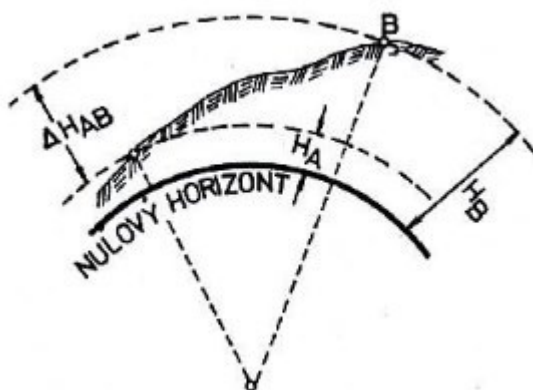
- $\omega_i$  je vodorovný uhol,
- $s_i$  – vodorovná dĺžka,
- P,A – základnica (nulový smer),
- $\sigma_{PA}$  – smerník základnice (nulového smeru),
- $d_s$  – šikmá dĺžka,
- $z$  – zenitový uhol,
- $\beta$  – výškový uhol.

## 6. VÝŠKOVÉ MERANIE

Mnoho úloh technickej geodézie (mapovacie, projektové, vytyčovacie, sledovacie, a vedeckovýskumné práce) si podľa [1] nevystačí iba s určovaním polohy bodov v rovine (vzájomná poloha bodov v smere vodorovnom, poloha bodov je daná rovinnými súradnicami) ale je potrebné určiť aj tretiu súradnicu (určuje sa vzájomná poloha bodov v smere zvislom), ktorá sa meria v smere siločiar tiažového poľa Zeme nad určitou, dopredu zvolenou referenčnou plochou, a to buď samostatne alebo najčastejšie súčasne s meraním polohovým.

Pri výškovom meraní sa používajú dva druhy výšok (Obrázok 17):

- **Absolútne (nadmorské) výšky bodov** – sú definované ako vzdialenosti bodov od strednej hladiny mora meraná pozdĺž ťažníc,
- **Relatívne výšky bodov (prevýšenia)** – sú definované ako výškové rozdiely medzi dvoma hladinami, z ktorých jedna je iná ako nulová – (rozdiel polomerov guľových plôch).



Obrázok 17 Druhy výšok bodov [28]

Na Obrázku 17 znamená:

$H_A$  a  $H_B$       je absolútne (nadmorské) výšky bodov,  
 $\Delta H_{AB}$           – prevýšenie medzi bodmi A a B.

### 6.1 Metódy výškového merania

Na meranie výšok sa používajú tieto metódy:

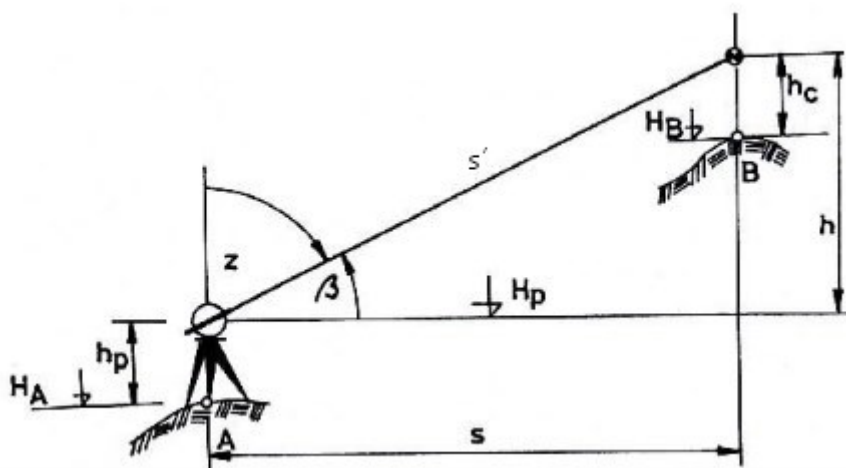
- nivelácia – historicky najstaršia, ale všeobecne najpresnejšia metóda mimo horského terénu, ktorá je založená na meraní prevýšení,
- trigonometrické meranie výšok – moderná, ekonomická metóda, ktorá je z dôvodu jej využitia pri meraní podkladov k tejto práci podrobnejšie popísaná v podkapitole 6.2,
- barometrické meranie výšok – historická, rýchla, nenáročná ale hrubá metóda, založená na meraní prevýšení pomocou atmosférického

(barometrického) tlaku, keďže v rôznych výškach je rôzny atmosférický tlak a čím je výška väčšia, tým je atmosférický tlak nižší a naopak.

- metóda GNSS – globálne určenie všetkých troch súradníc – perspektívna metóda, ktorá je podrobnejšie popísaná v kapitole 3.

## 6.2 Trigonometrické meranie výšok

Je to metóda výškového merania, pri ktorej sa určuje prevýšenie medzi dvoma bodmi (Obrázok 18) teodolitom alebo UMS a signalizačnými pomôckami. Teodolitom (UMS) ktorý stojí na jednom bode A sa zameria zenitový uhol  $z$  na signál postavený napríklad na výtyčke na druhom bode B. Z tohto zenitového uhla  $z$  sa následne vypočíta buď výškový alebo hĺbkový uhol  $\beta$  podľa toho, či bod B sa nachádza vyššie alebo nižšie ako bod A, teda stanovisko teodolitu (UMS).



Obrázok 18 Princíp trigonometrického určenia prevýšenia [28]

Na Obrázku 18 znamená:

- $H_A$  je absolútna (nadmorská) výška bodu A,
- $h_p$  – výška prístroja nad stanoviskom (nad bodom A),
- $H_p$  – absolútna (nadmorská) výška horizontu prístroja,
- $H_B$  – absolútna (nadmorská) výška bodu B,
- $h_c$  – výška cieľa nad bodom B,
- $h$  – prevýšenie medzi prístrojom a cieľom,
- $s'$  – šikmá dĺžka medzi stanoviskom (bodom A) a cieľom (bodom B),
- $s$  – vodorovná dĺžka medzi stanoviskom (bodom A) a cieľom (bodom B),
- $z$  – zenitový uhol,
- $\beta$  – výškový uhol (prípadne hĺbkový uhol).

Z vodorovnej dĺžky „ $s$ “ sa prevýšenie medzi prístrojom a cieľom vypočíta:

$$\operatorname{tg} z = \frac{s}{h}, \quad (1)$$

teda:

$$h = \frac{s}{\operatorname{tg} z}. \quad (2)$$

V predchádzajúcich vzorcoch znamená:

h je prevýšenie medzi prístrojom a cieľom,  
s – vodorovná dĺžka medzi stanoviskom (bodom A) a cieľom (bodom B),  
z – zenitový uhol.

Pri použití šikmej dĺžky „s“ sa prevýšenie medzi prístrojom a cieľom vypočíta:

$$\cos z = \frac{h}{s'}, \quad (3)$$

teda:

$$h = s' \cdot \cos z. \quad (4)$$

V predchádzajúcich vzorcoch znamená:

h je prevýšenie medzi prístrojom a cieľom,  
s' – šikmá dĺžka medzi stanoviskom (bodom A) a cieľom (bodom B),  
z – zenitový uhol.

Ak je známa absolútna (nadmorská) výška stanoviska prístroja (bodu A), potom absolútna (nadmorská) výška cieľa (bodu B) sa vypočíta:

1. ak je cieľ vyššie ako horizont prístroja a uhol  $\beta$  je výškový:

$$H_B = H_A + h_p + h - h_c, \quad (5)$$

teda:

$$H_B = H_A + h_p + \frac{s}{\operatorname{tg} z} - h_c. \quad (6)$$

V predchádzajúcich vzorcoch znamená:

H<sub>A</sub> je absolútna (nadmorská) výška bodu A,  
h<sub>p</sub> – výška prístroja nad stanoviskom (nad bodom A),  
H<sub>B</sub> – absolútna (nadmorská) výška bodu B,  
h<sub>c</sub> – výška cieľa nad bodom B,  
h – prevýšenie medzi prístrojom a cieľom,  
s – vodorovná dĺžka medzi stanoviskom (bodom A) a cieľom (bodom B),  
z – zenitový uhol.



2. ak je cieľ nižšie ako horizont prístroja a uhol  $\beta$  je hĺbkový:

najskôr sa musí vypočítať hĺbkový uhol  $\beta$ :

$$\beta = z - 100^g, \quad (7)$$

potom prevýšenie sa vypočíta:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{h}{s}, \quad (8)$$

teda:

$$h = s \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (9)$$

potom absolútna (nadmorská) výška cieľa (bodu B) sa vypočíta:

$$H_B = H_A + h_p - h - h_c, \quad (10)$$

teda:

$$H_B = H_A + h_p - s \cdot \operatorname{tg} \beta - h_c. \quad (11)$$

V predchádzajúcich vzorcoch znamená:

- $H_A$  je absolútna (nadmorská) výška bodu A,
- $h_p$  – výška prístroja nad stanoviskom (nad bodom A),
- $H_B$  – absolútna (nadmorská) výška bodu B,
- $h_c$  – výška cieľa nad bodom B,
- $h$  – prevýšenie medzi prístrojom a cieľom,
- $s$  – vodorovná dĺžka medzi stanoviskom (bodom A) a cieľom (bodom B),
- $z$  – zenitový uhol,
- $\beta$  – výškový uhol (prípadne hĺbkový uhol).

### 6.3 Pozdĺžny profil cestnej komunikácie

Pri projektovaní a stavbe líniových stavieb sa podľa [15] výškové pomery určujú pomocou zvislých profilov. Sú to rezy zvislej roviny terénom a zobrazujú tvar terénu príp. objektu pozdĺž určitej čiary.

Pozdĺžny profil je zvislý rez terénom vedený napr. osou projektovanej alebo hotovej stavby.

V pozdĺžnom profile sa taktiež často rieši aj výškové vedenie trasy, t.j. do profilu sa navrhne niveleta novej komunikácie, ktorá sa zakreslí červenou farbou. Následne sa profil doplní kótami nivelety taktiež červenou farbou nad kótami terénu.

## 7. TACHYMETRIA

Tachymetria je rýchla meračská metóda, pri ktorej sa meraním z jedného stanoviska prístroja určujú polohy a súčasne aj výšky bodov. Jej názov je odvodený od slova TACHYS, čo v preklade znamená „RÝCHLY“. Tachymetriou vyhotovené plány (polohopisné a výškopisné) sa využívajú najmä pri projektovaní stavebných diel a objektov.

Tachymetrickým zameraním bodu sa určuje jeho priestorová poloha vzhľadom k stanovisku prístroja, ktorého poloha a výška je vopred známa. V tachymetrii sa poloha každého zameriavaného bodu vyjadruje polárnymi súradnicami, t.j. vodorovnou dĺžkou od stanoviska prístroja po zameriavaný bod a vodorovným uhlom od pevného (nulového) smeru po daný zameriavaný bod. Výška bodu sa určí z výsledku trigonometrického merania výšok.

Podľa určenia dĺžok sa tachymetria delí na 3 skupiny:

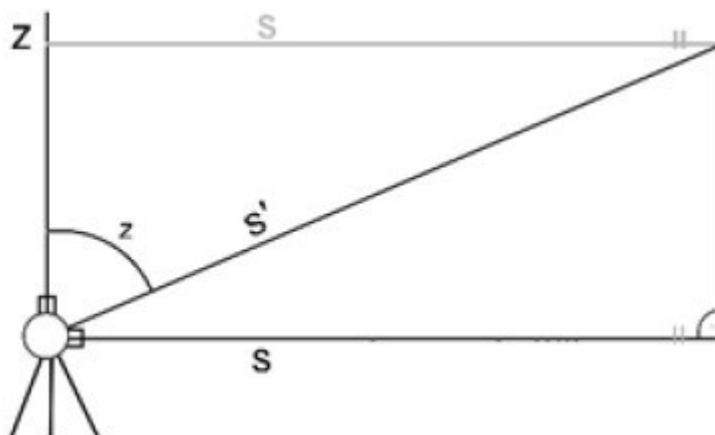
- nitková tachymetria – používa sa nitkový dĺžkomer,
- diagramová tachymetria – používa sa diagramový dĺžkomer,
- elektronická tachymetria – používa sa UMS – tzv. tachymeter.

Z dôvodu využitia elektronickej tachymetrie pri meraní podkladov k tejto práci je práve táto metóda podrobnejšie popísaná v podkapitole 7.1.

### 7.1 Elektronická tachymetria

Elektronická tachymetria je založená na použití UMS – elektronických tachymetrov. Tieto prístroje sú kompaktnou kombináciou elektronických teodolitov a svetelných diaľkomerov, doplnenou procesorom na spracovanie, prípadne aj vyhodnotenie nameraných údajov a ich záznamom na pamäťové médiá. Veľkou prednosťou je možnosť priameho pripojenia na počítač, a tým úplnej automatizácie tejto skupiny geodetických prác.

UMS merajú šikmé dĺžky, zenitové a vodorovné uhly, pričom si však využitím pravouhlého trojuholníka dokážu samy prepočítať šikmé dĺžky na vodorovné (Obrázok 19).



Obrázok 19 Princíp prepočtu šikmej dĺžky na vodorovnú

Z nameraného zenitového uhla a šikmej dĺžky sa vodorovná dĺžka vypočíta:

$$\sin z = \frac{s}{s'}, \quad (12)$$

teda:

$$s = \sin z \cdot s'. \quad (13)$$

Na Obrázku 19 a v predchádzajúcich vzorcoch znamená:

- $s'$  je šikmá dĺžka medzi stanoviskom (bodom A) a cieľom (bodom B),
- $s$  – vodorovná dĺžka medzi stanoviskom (bodom A) a cieľom (bodom B),
- $z$  – zenitový uhol,
- $Z$  – zenit.

## 7.2 Elektronické meranie dĺžok

Elektronické meranie dĺžok je najrozšírenejším a jedným z najpresnejších spôsobov merania dĺžok. Je založené na využití vlnenia elektromagnetickej energie v prostredí.

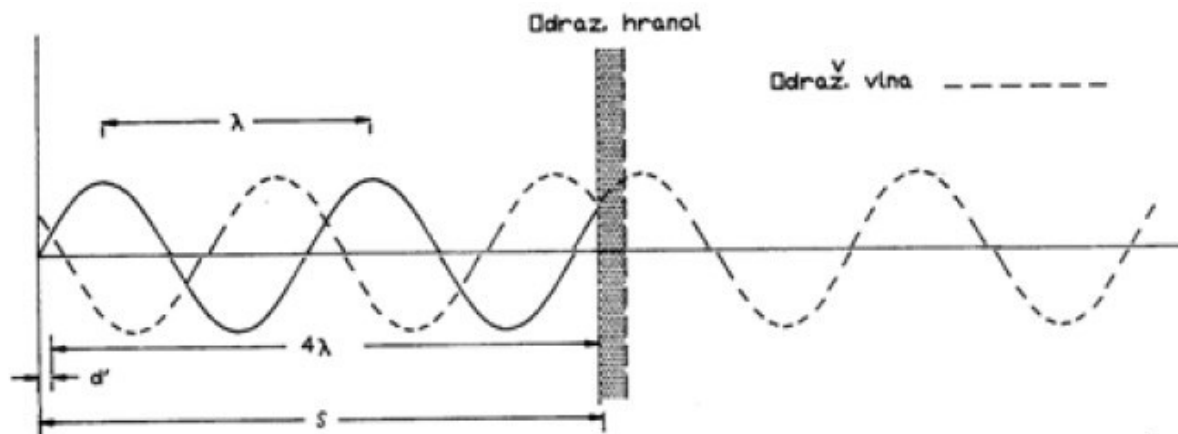
V geodézií sa pri elektronickom meraní dĺžok využívajú 3 druhy vlnenia:

- svetelné vlnenie,
- rádiové vlnenie,
- elektroakustické vlnenie.

Pri elektronickom meraní sa využívajú elektronické diaľkomery. Spravidla sa pri týchto diaľkomeroch postaví na počiatočný bod (stanovisko) zariadenie, ktoré vyšle signál (vysielač). Na koncovom bode meranej vzdialenosti je umiestnené zariadenie (odrážač), najčastejšie odrazný hranol, ktorý signál odrazí späť, a ten sa zachytí v prijímacej časti (prijímač) diaľkomeru. V niektorých prípadoch môže byť odrážač predstavovaný priamo povrchom cieľa (tzv. pasívny odraz). Vtedy sa jedná o tzv. bezhranolové diaľkomery.

Z dôvodu využitia metódy fázového posunu elektronického merania dĺžok pri meraní podkladov k tejto práci je táto metóda nižšie podrobnejšie popísaná.

**Metóda fázového posunu** spočíva v tom, že vysielaná harmonická vlna je po odrazení prijatá s fázovým posunom oproti vlne vysielanej (Obrázok 20). Principiálne by museli byť vlny veľmi dlhé, konkrétne dvakrát dlhšie ako meraná dĺžka, čo by síce viedlo k jednoznačnosti, ale taktiež k výraznej nepresnosti výsledku. Navyše je táto oblasť obsadená rozhlasovými, televíznymi a telekomunikačnými vysielacími, a preto sa vysokofrekvenčné nosné svetelné vlny o vlnovej dĺžke  $\lambda$  modulujú nízkofrekvenčnými vlnami.



Obrázok 20 Elektronické meranie dĺžok – fázová metóda [25]

Dvojnásobná dĺžka sa vypočíta ako:

$$2s = n \cdot \lambda + d' \quad (14)$$

Na Obrázku 20 a v predchádzajúcom vzorci znamená:

- s je dráha vlny, dĺžka,
- n – počet celých vlnových dĺžok,
- $\lambda$  – vlnová dĺžka,
- $d'$  - fázový posun, zbytok.

## 8. REKOGNOSKÁCIA TERÉNU A PRÍPRAVNÉ PRÁCE

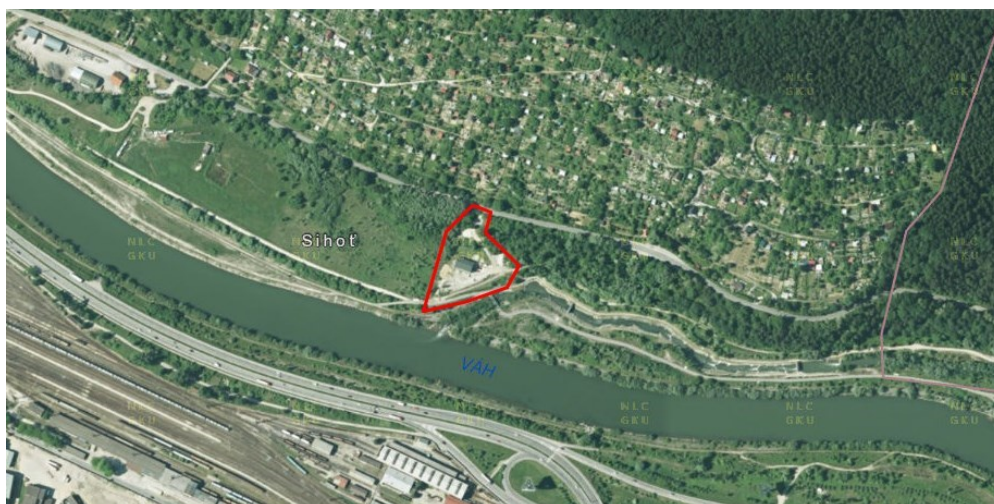
Rekognoskáciou terénu sa rozumie zisťovanie skutočností priamo na mieste, kde majú prebiehať meračské práce. Rekognoskácia terénu je veľmi dôležitou súčasťou geodetických prác, a slúži na zaistenie čo najefektívnejšieho a najhospodárnejšieho priebehu meračských prác v teréne.

Pri rekognoskácii terénu sa posudzuje:

- charakter zástavby (hustota, veľkosť a členenie objektov),
- členitosť terénu z hľadiska prístupností,
- intenzita dopravnej premávky
- plánovaná spotreba času a náklady.

### 8.1 Popis lokality merania

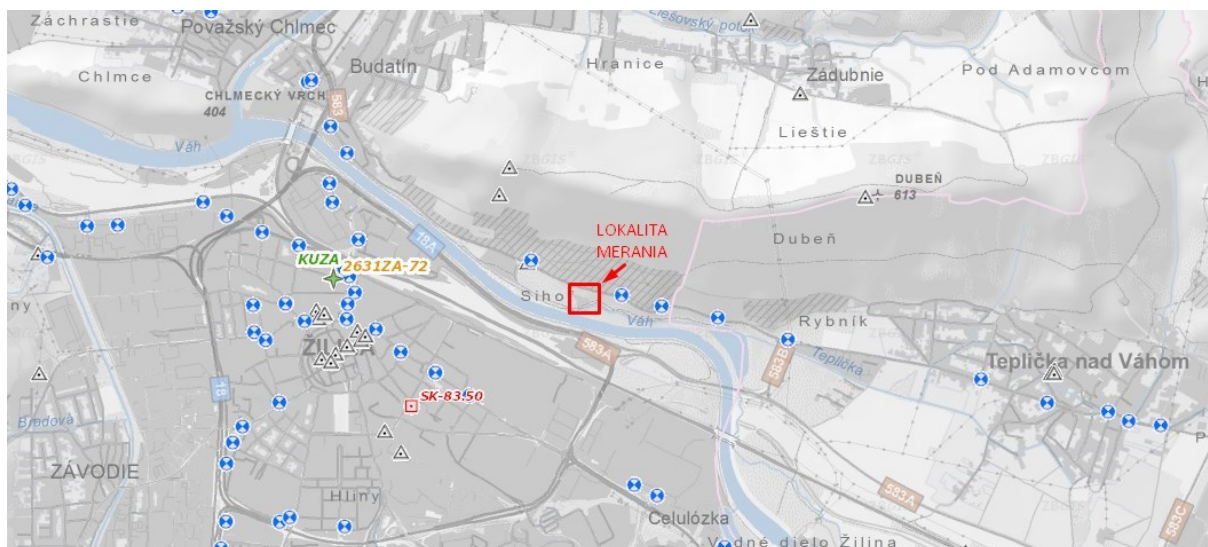
Lokalitou merania (Obrázok 21) je Areál vodných športov pod Dubňom, ktorý sa nachádza na konci katastrálneho územia Budatín, v meste Žilina, po pravej strane od cesty druhej triedy v smere zo Žiliny na Tepličku nad Váhom a po ľavej strane od rieky Váh v smere jej toku. Tento Areál vodných športov je pomerne nový, a ešte ani zďaleka nie je dobudovaný. Ide o budovu lodenice, okolo ktorej je rozsiahla nevyužitá rovinatá plocha pokrytá hlinou, štrkom a z časti aj trávnatým porastom, ktorá je zatiaľ používaná ako neformálne parkovisko, kde autá parkujú neorganizovane, a príjazdová asfaltová cesta, okolo ktorej je taktiež množstvo plôch, na ktorých sa v budúcnosti plánujú vybudovať oficiálne parkoviská. Areálu vodných športov pod Dubňom, zatiaľ čo hlavná plocha sa rozdelí na viac častí, a chystá sa na nej výstavba menšieho oficiálneho parkoviska, futbalového a volejbalového ihriska pre deti, vonkajšej posilňovne, oddychovej zóny pre návštevníkov a hangáru pre kajaky, ako prístavba k budove lodenice. Taktiež sa chystá, za predpokladu zvýšeného počtu návštevníkov po dobudovaní celého areálu, rozširovanie úzkej asfaltovej príjazdovej cesty, a výstavba výjazdovej cesty okolo budúceho parkoviska.



Obrázok 21 Zameriavané územie [20]

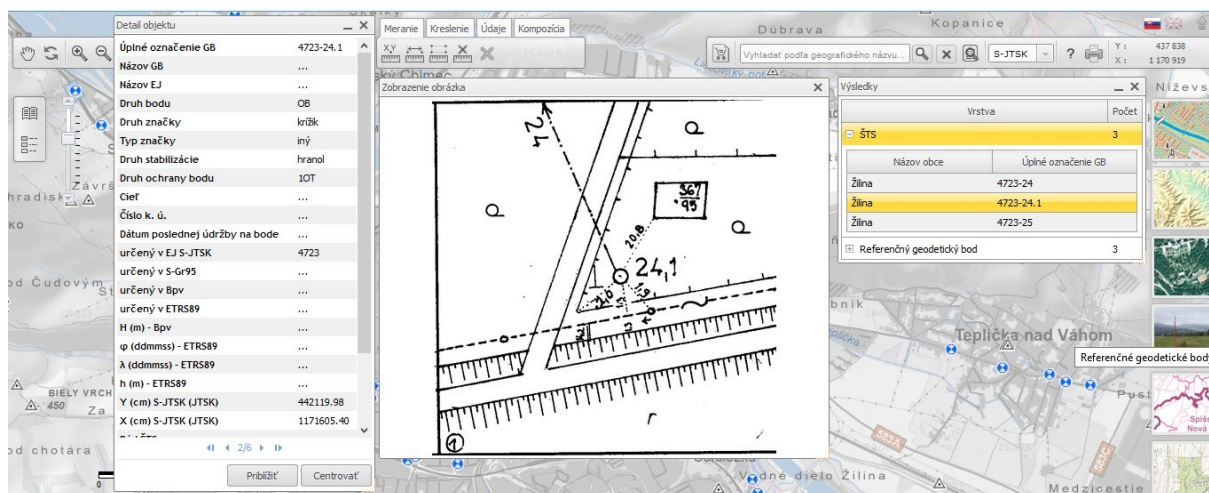
## 8.2 Východzie podklady pre meranie

Podľa mapového klienta ZBGIS Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (Obrázok 22) bolo zistené, že v lokalite merania sa nenachádzajú žiadne body bodového poľa, avšak v okolí lokality merania sa nachádza niekoľko trigonometrických a nivelačných bodov, na ktoré by mohlo byť pripojené celé meranie.



Obrázok 22 Trigonometrické a nivelačné body v okolí lokality merania [20]

Podrobnejšie informácie o týchto bodoch boli zistené z geodetických údajov mapového klienta ZBGIS Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (Obrázok 23).



Obrázok 23 Geodetické údaje o bodoch bodového poľa [20]

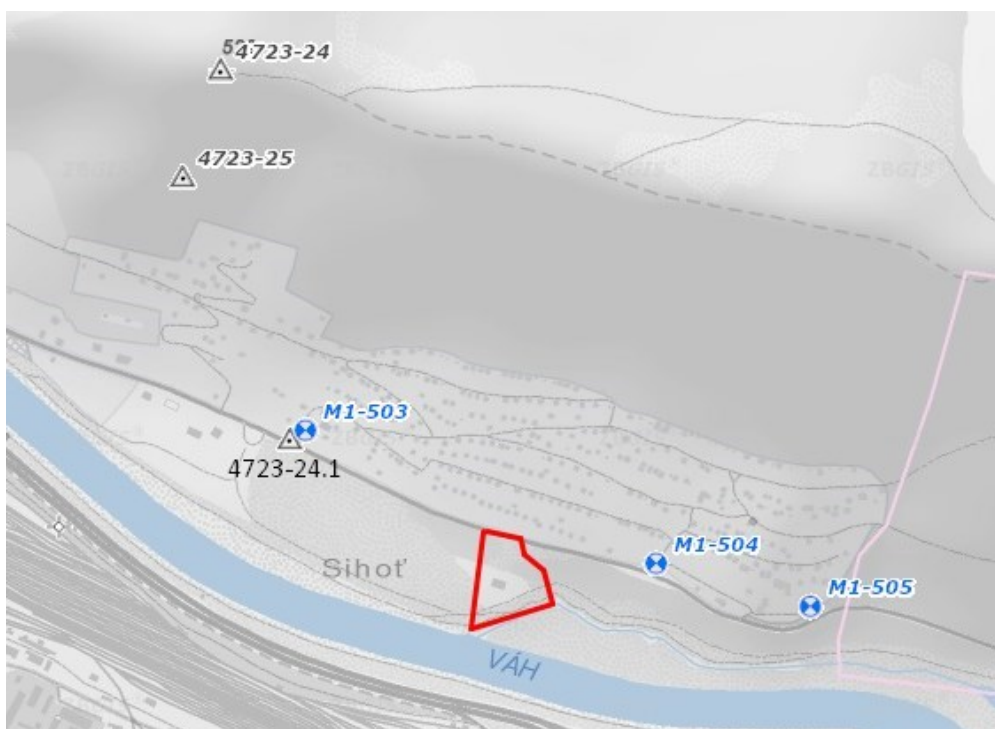


### 8.3 Rekognoskácia terénu

Pri rekognoskácii terénu a okolia lokality merania bolo zistené, že trigonometrický bod č. 4723-24.1 sa nachádza na súkromnom pozemku ohradenom pletivovým plotom, a preto je k tomuto bodu obmedzený prístup. Avšak tento trigonometrický bod je zachovalý a vo výbornom stave, a preto by ho bolo možné použiť počas merania. Problémom však je fakt, že v blízkom okolí tohto trigonometrického bodu sa už ďalší trigonometrický bod, na ktorý by mohla byť zameraná orientácia, nenachádza, a preto z tohto bodu nie je možné meranie uskutočniť. Najbližšie 2 body podľa mapového klienta ZBGIS Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky sú body č. 4723-25 a 4723-24, ktoré sa však nachádzajú na úbočí neďalekého kopca v husto zarastenom teréne, a nijako nie je možné zaistiť priamu viditeľnosť ako medzi sebou, tak na bod č. 4723-24.1. Navyše sú tieto 2 body neudržiavané a v dezolátnom stave, a preto by ani v prípade zaistenia viditeľnosti medzi nimi nebolo možné tieto body použiť pri meraní. Ďalšie najbližšie trigonometrické body sa nachádzajú už vo veľkej vzdialenosti od bodu č. 4723-24.1 a to v centre mesta Žilina, odkiaľ pre hustú mestskú zástavbu a vysoké stromy taktiež v žiadnom prípade nie je možné zaistiť priamu viditeľnosť týchto trigonometrických bodov s bodom č. 4723-24.1.

V prípade nivelačných bodov, aj napriek snahe, nebol v teréne nájdený v okolí lokality merania ani jeden nivelačný bod, čo môže znamenať, že tieto body sú už zničené a v teréne sa už nenachádzajú.

Po zistení týchto faktov počas rekognoskácie terénu sa rozhodlo, že je nutné v lokalite merania vybudovať vlastné bodové pole, z ktorého bude uskutočnené ďalšie podrobné meranie.



Obrázok 24 Trigonometrické a nivelačné body v okolí lokality merania [20]

## 8.4 Vlastné bodové pole

Vzhľadom na skutočnosť, že nebolo možné pripojenie do systémov S-JTSK a Bpv pomocou bodov už existujúceho bodového poľa (Obrázok 24), bolo potrebné vytvorenie vlastného bodového poľa.

Body vlastného bodového poľa boli rozmiestnené po celej lokalite merania (Obrázok 25) tak, aby čo najefektívnejšie pokryli celé zameriavané územie, aby bolo z každého bodu vidno minimálne ďalší bod vlastného bodového poľa (najlepšie čo najviac bodov) a samozrejme čo najväčšiu časť zameriavaného územia.

Počas rekognoskácie terénu boli po celej lokalite merania rozmiestnené a stabilizované body, ktoré boli označené číslami 4001, 4002, 4003, 4004. Tieto body slúžili počas merania ako stanoviská UMS. Približne 150 metrov od zameriavaného územia bol stabilizovaný bod, ktorý bol označený číslom 5001, a slúžil ako orientácia počas merania na stanoviskách 4002 a 4003. Pri meraní zo stanoviska 4001 bol použitý ako orientácia bod č. 4002, pretože z tohto stanoviska, ktoré sa nachádzalo v prevažne zarastenej časti územia, nebolo vidno na orientáciu č. 5001. Z bodu č. 4004 nebolo uskutočnené žiadne meranie, nakoľko celé územie bolo možno zamerať z bodov 4001, 4002 a 4003.



Obrázok 25 Rozmiestnenie bodov vlastného bodového poľa [20]

Všetky body vlastného bodového poľa boli stabilizované dočasnou stabilizáciou, ktorá je podrobnejšie popísaná v podkapitole 3.3.2. Body 4001, 4002 a orientácia 5001 boli stabilizované geodetickým klincom zabíjaným do asfaltu. Body 4003 a 4004 boli stabilizované drevenými kolíkmi zabíjanými do hliny.



## 9. MERANIE

Meračské práce v teréne boli rozdelené na 2 etapy. Prvou etapou bolo zameranie polohy a výšky bodov vlastného bodového poľa (stanovísk UMS + orientácie) technológiou GNSS. Etapou druhou bolo podrobné tachymetrické meranie terénu z jednotlivých stanovísk pomocou UMS.

### 9.1 Meranie polohy a výšky bodov meračskej siete

Všetky body meračskej siete boli zamerané pomocou technológie GNSS v systéme NAVSTAR – GPS, ktorý je podrobnejšie popísaný v podkapitole 4.2. Na každom bode boli zamerané polohové súradnice Y a X v systéme S-JTSK a výška v systéme Bpv. Pri meraní bola použitá metóda RTK, ktorej presnosť stačí na meranie a vyhotovenie podkladov pre budúci projekt výstavby športového areálu. Presnosť metódy RTK je podrobnejšie rozobraná vo výpočtovej časti tejto práce, v kapitole 10. Z dôvodu kontroly GPS merania bodov boli potrebné minimálne 2 merania s minimálnym časovým rozstupom jedna hodina. Táto podmienka kontroly bola dodržaná. Rozdiely súradníc a výšok bodov, a posúdenie splnenia kritérií presnosti, sú uvedené vo výpočtovej časti tejto práce, v podkapitole 10.1.

Meranie súradníc a výšok meračskej siete bolo uskutočnené pomocou dvojfrekvenčného GPS prístroja Magellan Promark 500, sériové číslo 200838025 (Obrázok 26), požičaného od firmy GEOMER Žilina s.r.o.



*Obrázok 26 GPS prístroj Magellan Promark 500, použitý na meranie*

Táto aparátúra môže využívať naplno funkčné GNSS riešenie z doposiaľ existujúcich GPS a GLONASS signálov, ale v budúcnosti aj z ostatných novo vybudovaných systémov, ako je GALILEO, COMPASS a ďalších.

Technické parametre prístroja Magellan Promark 500:

- 75 kanálov,
- GPS L1 C/A L1/L2 P-kód, plná nosná vlnová dĺžka,
- GLONASS L1 C/A, L2-P kód, L1/L2 plná nosná vlnová dĺžka,
- zachytávanie slabého signálu a sledovanie pre rozpoznanie signálu v náročnom prostredí,
- plne nezávislý kód a fáza merania,
- pokročilé zmierňovanie multipath,
- obnovovacia frekvencia 10 Hz.

Presnosti merania RTK:

- horizontálna 10 mm + 1 ppm,
- vertikálna 20 mm + 1 ppm.

Výsledkom merania polohy a výšky bodov meračskej siete technológiou GNSS bol protokol súradníc a výšok bodov aj s dosiahnutými presnosťami PDOP a HDOP, a taktiež s dátumom a presným časom merania (Obrázok 27).

Súbor	Úpravy	Formát	Zobraziť	Pomocník
4001	441801.83	1171777.78	344.00	HRMS: 0.013, VRMS: 0.016, STATUS: FIXNI RESENI, SATS: 14, PDOP: 1.500, HDOP: 0.700, VDOP: 1.300, DATE: 11-15-2015, TIME: 15:33:37
4002	441778.51	1171815.63	336.53	HRMS: 0.011, VRMS: 0.015, STATUS: FIXNI RESENI, SATS: 12, PDOP: 1.600, HDOP: 0.800, VDOP: 1.400, DATE: 11-15-2015, TIME: 15:34:30
4003	441835.40	1171852.55	334.96	HRMS: 0.010, VRMS: 0.014, STATUS: FIXNI RESENI, SATS: 13, PDOP: 1.400, HDOP: 0.700, VDOP: 1.200, DATE: 11-15-2015, TIME: 15:36:08
4004	441816.10	1171799.28	335.46	HRMS: 0.022, VRMS: 0.022, STATUS: FIXNI RESENI, SATS: 10, PDOP: 1.800, HDOP: 1.000, VDOP: 1.500, DATE: 11-15-2015, TIME: 15:37:22
5001	441605.65	1171924.28	331.05	HRMS: 0.012, VRMS: 0.015, STATUS: FIXNI RESENI, SATS: 13, PDOP: 1.600, HDOP: 0.800, VDOP: 1.400, DATE: 11-15-2015, TIME: 15:41:00
4101	441801.85	1171777.79	344.02	HRMS: 0.013, VRMS: 0.019, STATUS: FIXNI RESENI, SATS: 11, PDOP: 1.800, HDOP: 0.900, VDOP: 1.600, DATE: 11-15-2015, TIME: 16:49:25
4102	441778.52	1171815.63	336.54	HRMS: 0.012, VRMS: 0.015, STATUS: FIXNI RESENI, SATS: 11, PDOP: 1.800, HDOP: 1.000, VDOP: 1.500, DATE: 11-15-2015, TIME: 16:48:01
4103	441835.41	1171852.55	334.96	HRMS: 0.012, VRMS: 0.014, STATUS: FIXNI RESENI, SATS: 11, PDOP: 1.800, HDOP: 1.000, VDOP: 1.500, DATE: 11-15-2015, TIME: 16:45:36
4104	441816.10	1171799.23	335.44	HRMS: 0.016, VRMS: 0.019, STATUS: FIXNI RESENI, SATS: 10, PDOP: 1.900, HDOP: 1.000, VDOP: 1.600, DATE: 11-15-2015, TIME: 16:46:49
5001	441605.65	1171924.28	331.06	HRMS: 0.011, VRMS: 0.014, STATUS: FIXNI RESENI, SATS: 11, PDOP: 1.600, HDOP: 0.800, VDOP: 1.400, DATE: 11-15-2015, TIME: 16:41:58

Obrázok 27 Protokol z GPS merania

## 9.2 Podrobné tachymetrické meranie

Podrobné tachymetrické meranie bolo realizované pomocou bezhranolovej UMS TOPCON GPT – 7501, výrobné číslo 7W0056 (Obrázok 28) a odrazného hranola na výtyčke. Tachymetricky boli merané všetky prvky polohopisu a taktiež ľubovoľné body v teréne na určenie výšky, ktoré boli pravidelne a primerane veľkosti územia rozmiestnené. Všetky podrobné body tachymetricky zamerané boli číslované číslami od 1 do 315. Počas celého podrobného tachymetrického merania bol vedený meračský náčrt (Príloha 1), do ktorého boli zaznačované všetky prvky polohopisu, terénne prvky (svahové šrafoy), všetky podrobné body aj s ich číslami a nakoniec omerné miery budovy lodenice, a jej betónového základu.

Poloha podrobných bodov bola určená polárnou metódou (z polárnych súradníc), výšky bodov trigonometricky a dĺžky boli merané elektronicky.



*Obrázok 28 UMS TOPCON GPT 7501,  
použitý na meranie*

Technické parametre prístroja TOPCON GPT 7501:

- Presnosti prístroja:
  - Meranie uhlov – štandardná odchylka: 3 mgon
  - Meranie dĺžok (normálny meračský mód):  $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$
- Dosah diaľkoma na 1 hranol: 3000 m
- Dosah diaľkoma bez použitia hranolu: 2000 m

Výsledkom podrobného tachymetrického merania bol elektronický zápisník nameraných hodnôt stiahnutý z UMS (Príloha 2).

## 10. SPRACOVANIE NAMERANÝCH DÁT

Spracovanie nameraných dát prebehlo v troch etapách. Najskôr bolo potrebné zistiť presnosť určenia polohy bodov meračskej siete (stanovísk UMS). Ak boli splnené všetky kritériá presnosti, nasledoval výpočet aritmetického priemeru súradníc bodov meračskej siete z obidvoch meraní. Nakoniec bol vo výpočtovom programe GROMA 8.0 vykonaný výpočet súradníc polohy a výšok všetkých podrobných bodov.

### 10.1 Súradnice bodov meračskej siete

Ako bolo spomenuté v podkapitole 9.1, GPS meranie bodov vlastného bodového poľa sa uskutočnilo dvakrát, s viac ako hodinovým časovým rozstupom. Pred samotným výpočtom súradníc a výšok týchto bodov (ich aritmetického priemeru) bolo potrebné pomocou výpočtu stredných súradnicových chýb zistiť presnosť určenia polohy týchto bodov z obidvoch meraní, a či prípadné odchýlky spĺňali kritériá presnosti (Tabuľka 3).

Tabuľka 3 Porovnanie presnosti určenia polohy stanovísk

ČÍSLO BODU	POLOHOVÉ SÚRADNICE BODOV				ROZDIEL SÚRADNÍC		STREDNÁ CHYBA JEDNOTLIVÝCH SÚR.		STREDNÁ SÚRADNICOVÁ CH.			KRITÉRIUM PRESNOSTI SÚRADNÍC
	Y <sub>1</sub> [m]	Y <sub>2</sub> [m]	X <sub>1</sub> [m]	X <sub>2</sub> [m]	ΔY [m]	ΔX [m]	m <sub>y</sub> <sup>2</sup> [m]	m <sub>x</sub> <sup>2</sup> [m]	m <sub>xy</sub> <sup>2</sup> [m]	m <sub>xy</sub> ' [m]	m <sub>xy</sub> [m]	
4001	441801,83	441801,85	1171777,78	1171777,79	-0,02	-0,01	0,0004	0,0001	0,0002	0,0158	0,14	SPLNENÉ
4002	441778,51	441778,52	1171815,63	1171815,63	-0,01	0,00	0,0001	0,0000	0,0001	0,0071	0,14	SPLNENÉ
4003	441835,40	441835,41	1171852,55	1171852,55	-0,01	0,00	0,0001	0,0000	0,0000	0,0071	0,14	SPLNENÉ
4004	441816,10	441816,10	1171799,28	1171799,23	0,00	0,05	0,0000	0,0025	0,0013	0,0354	0,14	SPLNENÉ
5001	441605,65	441605,65	1171924,28	1171924,28	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,14	SPLNENÉ

Jednotlivé označenia v tabuľke 3 znamenajú:

- Y<sub>1</sub> a X<sub>1</sub> sú polohové súradnice získané z prvého merania,
- Y<sub>2</sub> a X<sub>2</sub> – polohové súradnice stanovísk získané z druhého merania,
- ΔY a ΔX – rozdiely polohových súradníc stanovísk z prvého a druhého merania,
- m<sub>y</sub> a m<sub>x</sub> – stredné chyby jednotlivých súradníc určené zo vzorcov:

$$m_y^2 = \Delta Y^2, \quad (15)$$

$$m_x^2 = \Delta X^2. \quad (16)$$

- m<sub>xy</sub>' - stredná súradnicová chyba vypočítaná z **nameraných** hodnôt podľa vzorca:

$$m_{xy}^2 = \frac{1}{2} \cdot (m_x^2 + m_y^2) \quad (17)$$

a

$$m_{xy} = \sqrt{m_{xy}^2} \quad (18)$$

- $m_{xy}$  – stredná súradnicová chyba daná vyhláškou 357/2013 Zb., ktorá charakterizuje kritériá presnosti určenia súradníc bodov.

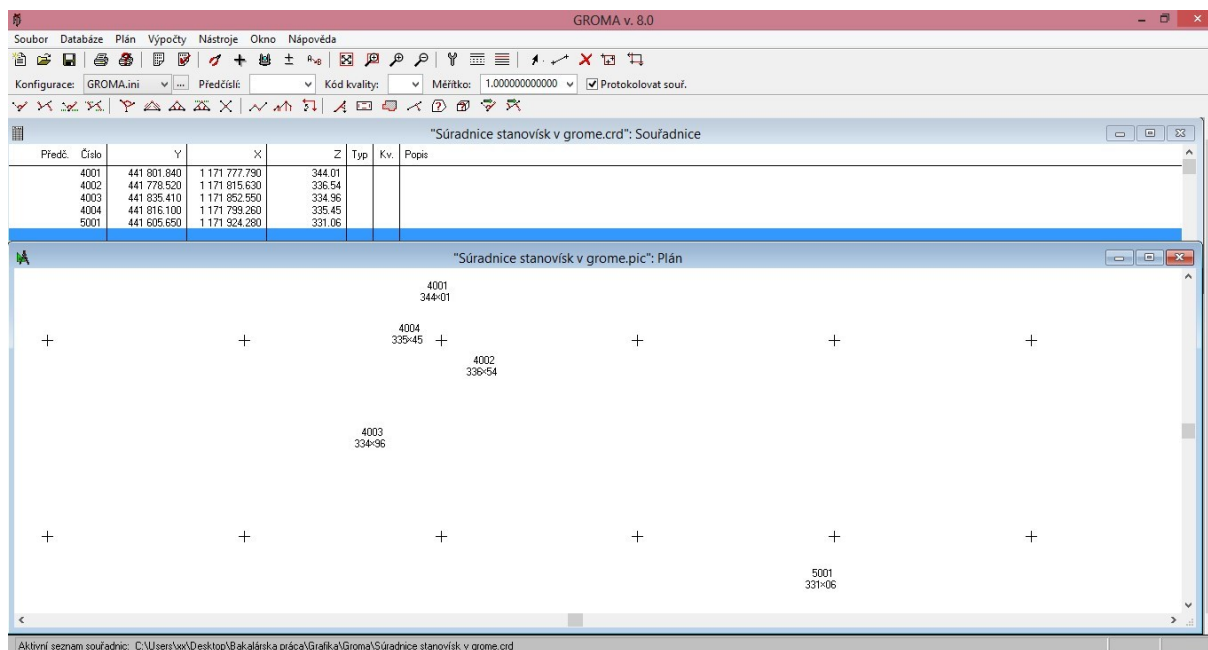
Vzhľadom na to, že kritériá presnosti určenia polohy všetkých stanovísk boli splnené, mohlo sa pristúpiť k výpočtu súradníc týchto stanovísk aritmetickým priemerom z obidvoch GPS meraní (Tabuľka 4)

Tabuľka 4 Súradnice bodov vlastného bodového poľa

ČÍSLO BODU	SÚRADNICE BODOV		
	Y [m]	X [m]	Z [m]
4001	441801,84	1171777,79	344,01
4002	441778,52	1171815,63	336,54
4003	441835,41	1171852,55	334,96
4004	441816,10	1171799,26	335,45
5001	441605,65	1171924,28	331,06

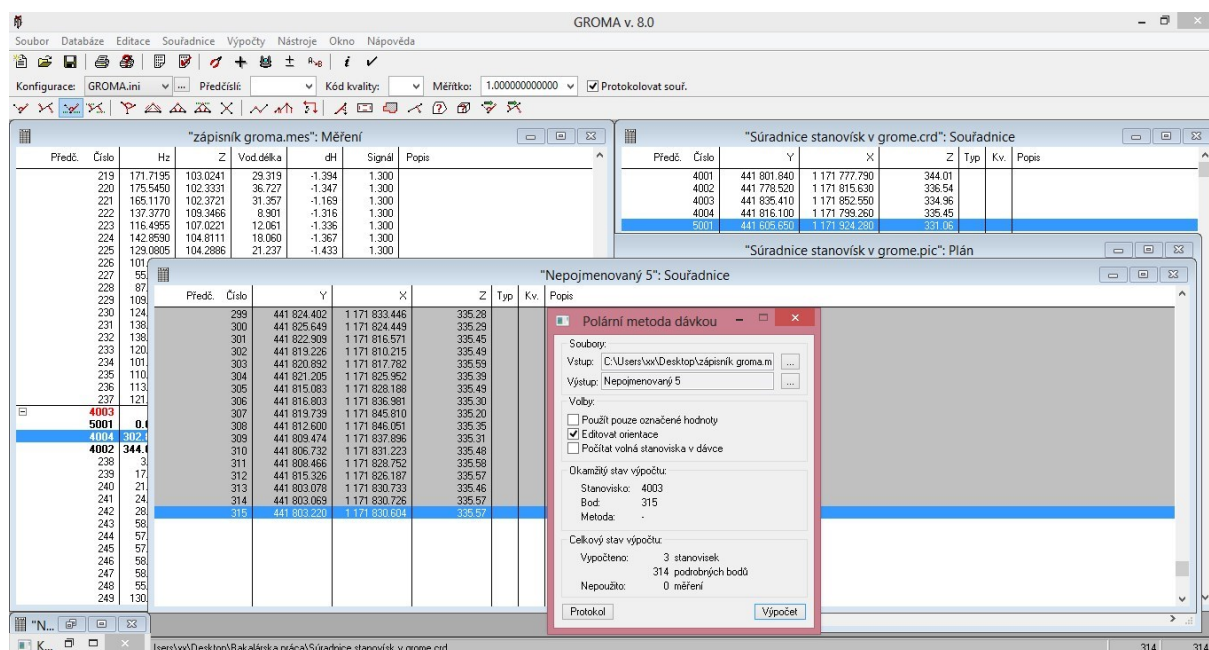
## 10.2 Súradnice podrobných bodov tachymetricky zameraných

Súradnice podrobných bodov boli vypočítané vo výpočtovom programe GROMA 8.0. K ich výpočtu boli použité vypočítané súradnice bodov vlastného bodového poľa (Obrázok 29).



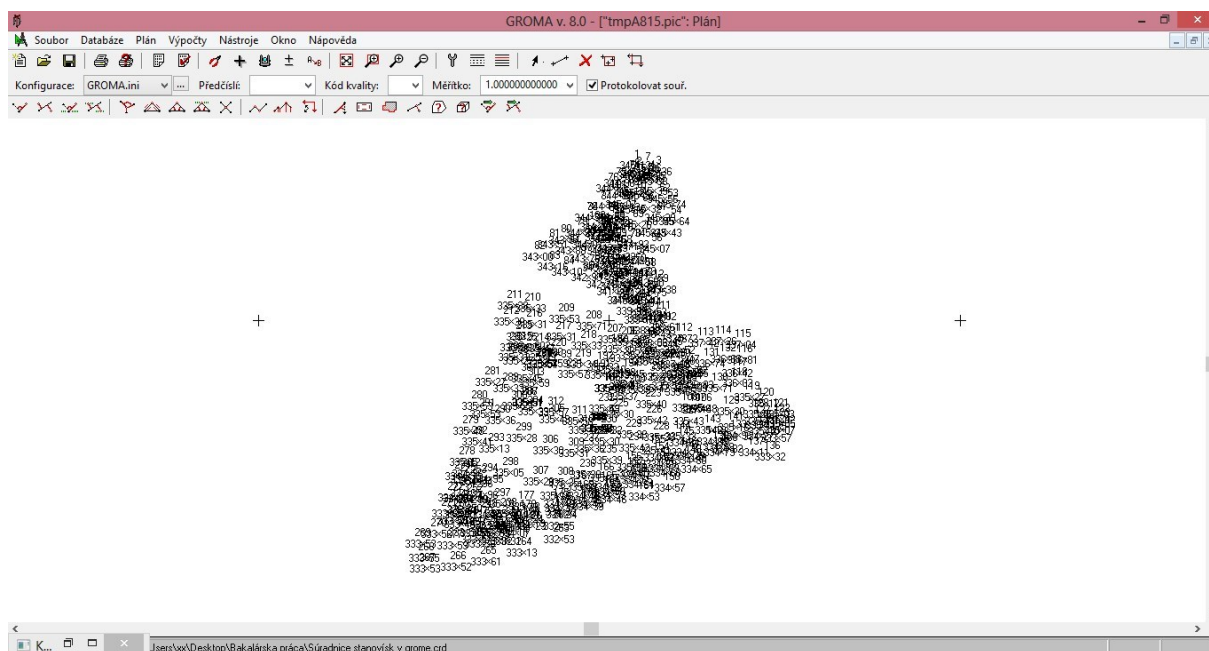
Obrázok 29 Súradnice bodov vlastného bodového poľa a ich kontrolná kresba

Súradnice podrobných bodov boli vypočítané pomocou funkcie polárna metóda dávkou (Obrázok 30).



Obrázok 31 Ukážka výpočtu súradníc podrobných bodov

Z takto vypočítaných súradníc podrobných bodov vznikol súbor bodov na zameriavanom území (Obrázok 31).



Obrázok 30 Súbor podrobných bodov v zameriavanom území

Výsledkom výpočtu súradníc podrobných bodov je zoznam súradníc podrobných bodov (Príloha 4) vygenerovaný priamo z výpočtového programu GROMA 8.0 do programu EXCEL.

## 11. DOKUMENTÁCIA PRE BUDÚCI PROJEKT

Dokumentácia budúceho projektu sa skladá z troch častí, ktoré sú podrobnejšie popísané v ďalších podkapitolách. A sú to tieto:

- účelová mapa polohopisu,
- účelová mapa výškopisu,
- pozdĺžne profily cestných komunikácií nachádzajúcich sa v zameriavanom území.

Tieto 3 výkresy slúžiace ako podklady budúceho projektu boli vyhotovené v geodetickom programe WKOKES 11.82.

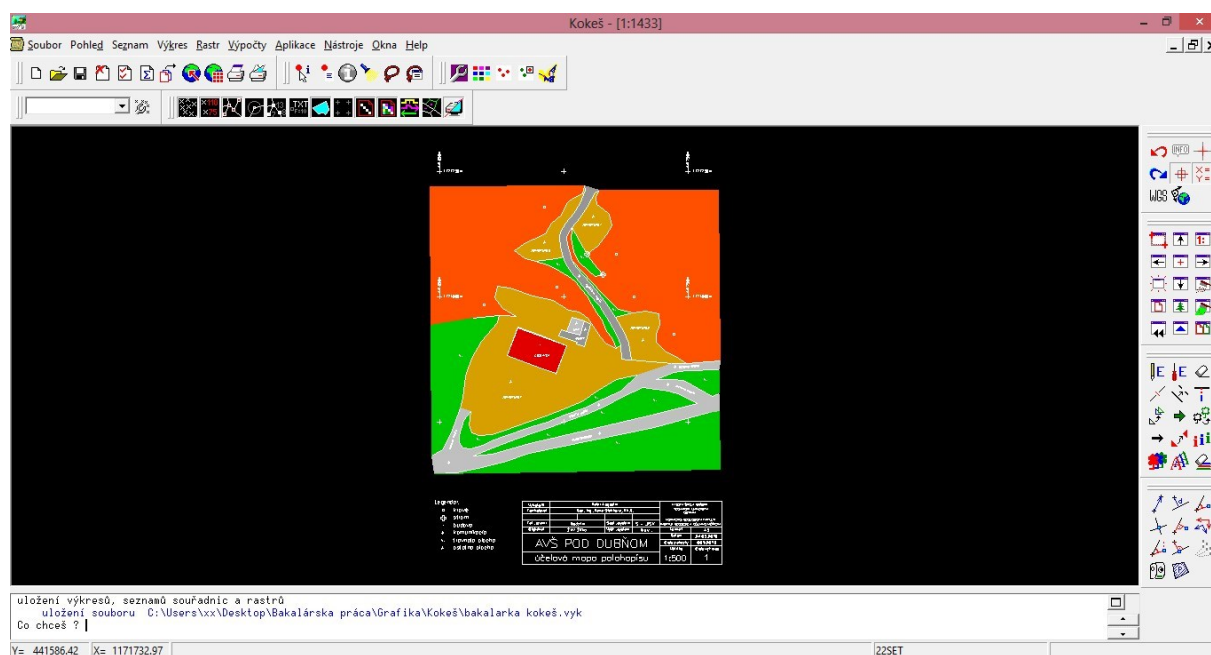
### 11.1 Účelová mapa polohopisu

Účelové mapovanie polohopisu znamená zameranie skutočného stavu terénu aj so všetkými objektami, ktoré sa na ňom nachádzajú. Mapovanie bolo vykonané v 3. triede presnosti.

Predmetom merania a mapovania boli všetky prvky polohopisu v lokalite merania:

- dopravné stavby a zariadenia (cesty, komunikácie,...),
- budovy a stavby,
- ostatné prvky (spevnené a nespevnené plochy, parkoviská, krovie, jednotlivé stromy,...).

Výsledkom spracovania nameraných dát bolo vyhotovenie účelovej mapy polohopisu (Obrázok 32) v mierke 1:500 (Príloha 5).



Obrázok 32 Ukážka vyhotovenia účelovej mapy polohopisu v programe WKOKES 11.82



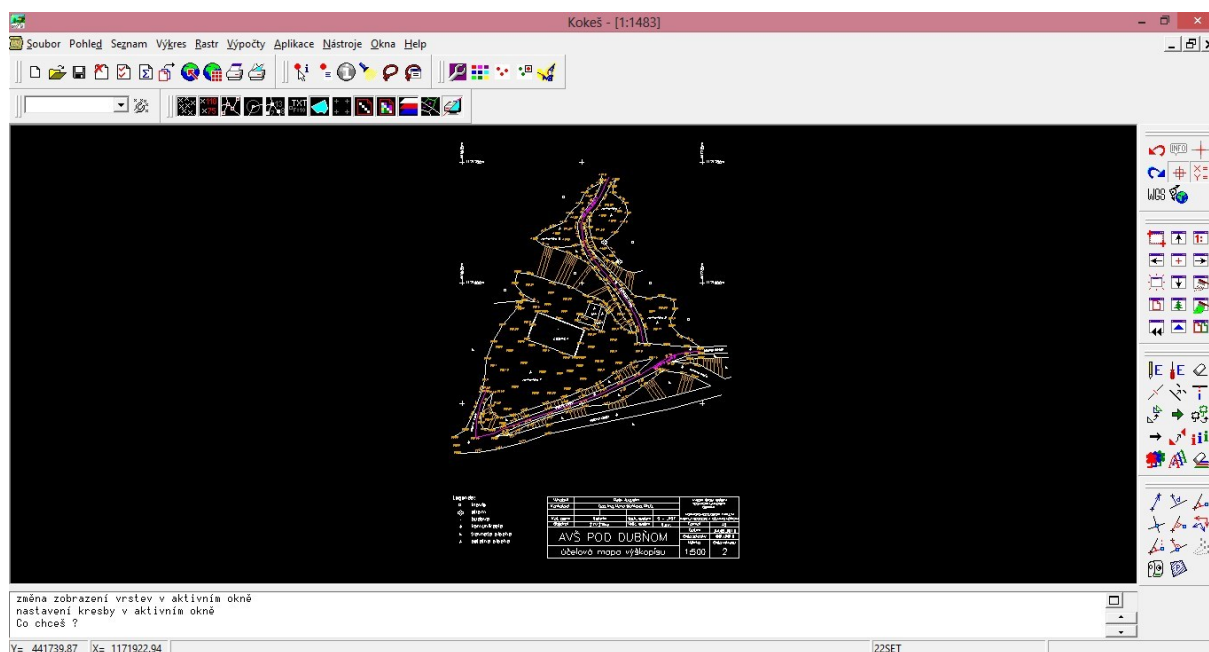
## 11.2 Účelová mapa výškopisu

Mapovanie aktuálneho stavu výškopisu slúži pre účely zistenia výškového priebehu zameriavanej lokality potrebného na prípadné výpočty kubatúr, kedy treba zistiť, koľko zeminy a kde je potrebné vykopať alebo nasypať, aby bolo možné výstavbu zrealizovať. Meranie výškopisu bolo vykonané súčasne počas merania polohopisu, taktiež v 3. triede presnosti.

Predmetom merania výškopisu bolo:

- sieť podrobných bodov pravidelne rozmiestnených po teréne,
- terénne tvary (hrany).

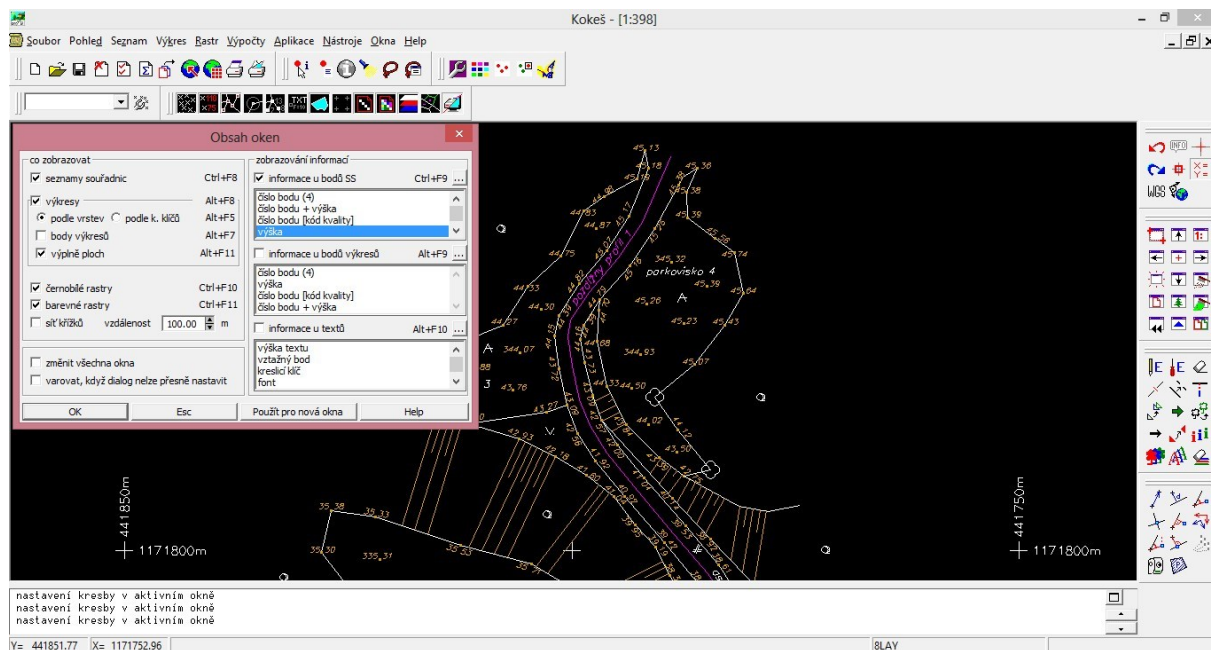
Výsledkom spracovania nameraných dát bolo vyhotovenie účelovej mapy výškopisu (Obrázok 33) v mierke 1:500 (Príloha č. 6).



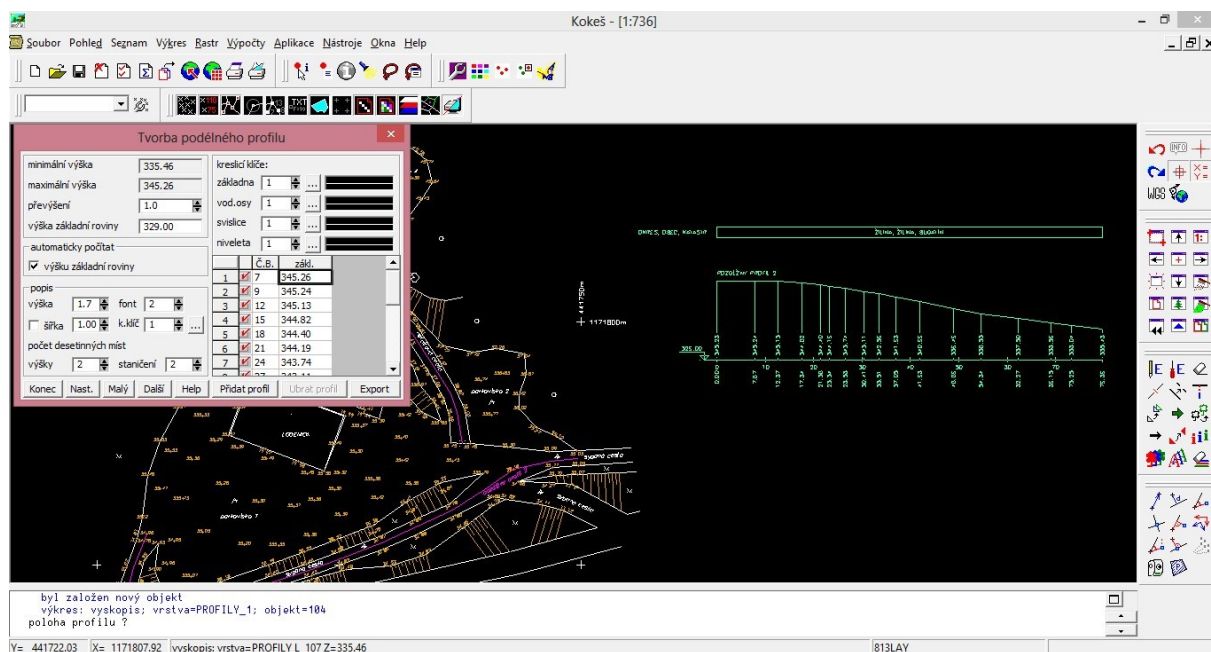
Obrázok 33 Ukážka vyhotovenia účelovej mapy výškopisu v programe WKOKES 11.82



Vzhľadom na to, že zameriavané územie je prevažne rovinatého charakteru, ale obsahuje aj strmé zrazy, výškopis účelovej mapy neobsahuje vrstevnice, ale iba výškové kóty podrobných bodov (Obrázok 34) hnedou farbou, a strmé zrazy sú na mape vyznačené svahovými šrafami (Obrázok 35) taktiež hnedou farbou.



Obrázok 34 Ukážka tvorby výškových kót podrobných bodov v účelovej mape výškopisu

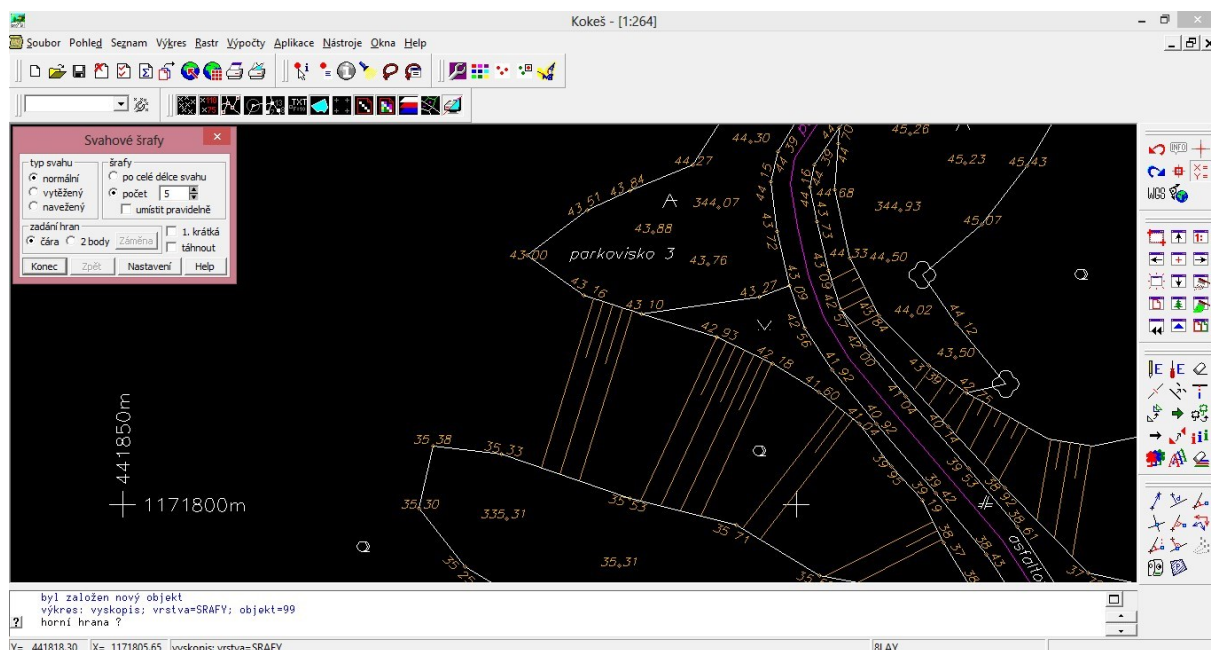


Obrázok 35 Ukážka tvorby pozdĺžnych profilov ciest v programe WKOKES 11.82

Obsah účelovej mapy výškopisu je vyhotovený podľa [8] a [23].

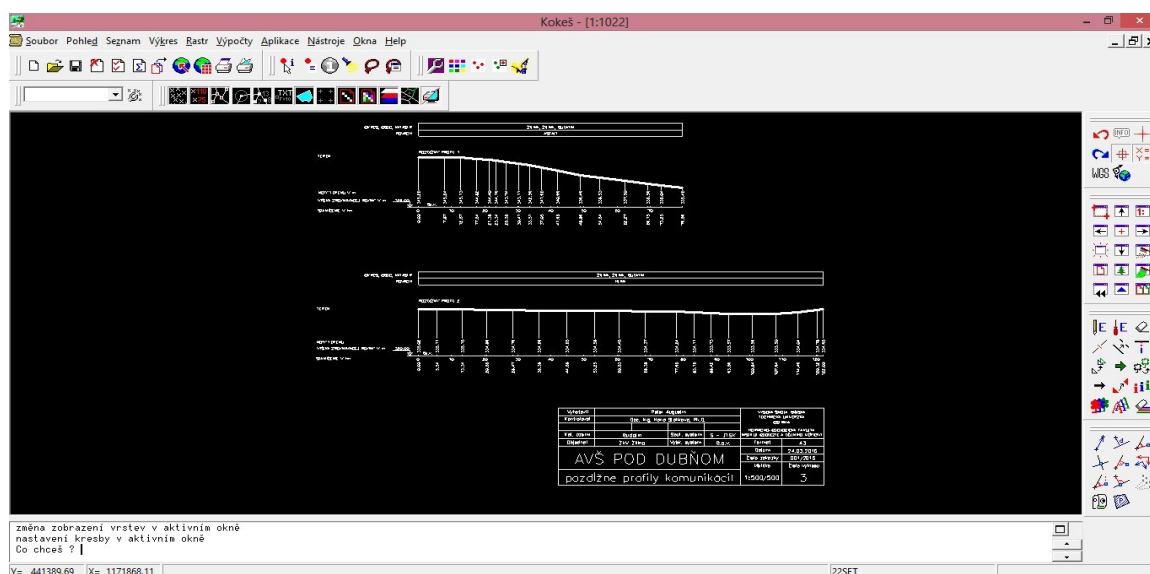
## 11.3 Pozdĺžne profily cestných komunikácií

Vzhľadom na to, že v lokalite merania sa nachádzajú 2 cesty, ktoré sa pri výstavbe športového areálu budú taktiež budovať alebo rekonštruovať, prípadne rozširovať, bolo potrebné zamerať a vyhotoviť ich pozdĺžne profily (Obrázok 36), aby sa zistil ich sklon, podľa ktorého sa buď do projektu navrhnu d'alšie prípadné sklony ich povrchu potrebné na odtok zrážkovej vody, alebo sa vypočítajú kubatúry zeminy, ktorú bude potrebné buď vykopať, alebo nasypať ako zemné teleso cesty.



Obrázok 36 Ukážka tvorby svahových šráf v účelovej mape výškopisu

Výsledkom spracovania je výkres pozdĺžnych profilov ciest (Obrázok. 37) v mierke 1:500/500 (Príloha č. 7).



Obrázok 37 Ukážka pozdĺžnych profilov ciest programu WKOKES 11.82

## 12.ZÁVER

Úlohou geodézie nie je iba vymeriavanie a vytyčovanie parciel alebo stavieb a tvorba geometrických plánov, ale aj zameriavanie skutočného stavu určitého územia pre účel vyhotovenia podkladov pre budúci projekt výstavby v danej lokalite.

Účelom predloženej bakalárskej práce bolo vyhotovenie troch podkladových výkresov pre budúci projekt výstavby Areálu vodných športov pod Dubňom v katastrálnom území Budatín, ktoré boli spracované podľa noriem ČSN 01 3410 a ČSN 01 3411. Išlo o účelovú mapu polohopisu v mierke 1:500 (Príloha č. 5), účelovú mapu výškopisu v mierke 1:500 (Príloha č. 6) a pozdĺžne profily dvoch ciest v mierke 1:500/500 (Príloha č. 7), ktoré sa v tejto lokalite nachádzajú. Tieto výkresy boli vyhotovené v jednotných systémoch, a to v polohovom systéme S-JTSK a výškovom systéme Bpv.

Vzhľadom na nepoužiteľné pôvodné bodové pole v okolí lokality merania bolo pre meranie potrebné vyhotovenie meračskej siete pomocou technológie GNSS, metódou RTK za pomoci firmy GEOMER Žilina, s.r.o. GPS meranie bolo vykonané dvakrát, s najmenej hodinovým časovým rozstupom. Následne boli tieto 2 merania porovnané, a bolo zistené, že ich rozdiely spĺňajú kritériá presnosti podľa vyhlášky 357/2013 § 75 Zb. Z týchto dvoch od seba nezávislých meraní boli aritmetickým priemerom vypočítané súradnice bodov vlastného bodového poľa, ktoré boli následne pri podrobnom polohopisnom a výškopisnom meraní použité ako geodetické podklady.

Podrobné polohopisné a výškopisné meranie bolo vykonané elektronickou tachymetriou. Polohy podrobných bodov boli určené polárnou metódou, výšky trigonometricky, a dĺžky boli merané elektronicky. Počas podrobného polohopisného a výškopisného merania sa vyhotovoval meračský náčrt (Príloha č. 1), v ktorom boli zaznamenávané všetky prvky polohopisu v danej lokalite, terénne prvky a podrobné body aj s ich číslami. Výsledkom podrobného merania polohopisu a výškopisu bol výstup z UMS v podobe elektronického zápisníka nameraných hodnôt (Príloha č. 2), ktorý sa následne použil na výpočet súradníc podrobných bodov vo výpočtovom programe GROMA 8.0. Po výpočte týchto súradníc podrobných bodov bolo možné vyhotovenie už spomínaných podkladov pre budúci projekt výstavby v geodetickom programe WKOKES 11.82, čo bolo zároveň účelom a výsledkom celej tejto bakalárskej práce.

## ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] BLAŽEK, R., SKOŘEPA, Z., Geodézie 3. Výškopis. 3. vydání. Praha: ČVUT, 2009. 162 s. ISBN 978-80-01-04358-5
- [2] Družicové polohové systémy [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.sgs.edu.sk/HTML/gps.htm>
- [3] FIŠER, Z., VONDRÁK, J., a kolektív. Mapování. Brno: CERM, s.r.o., 2003. 146 s. ISBN 80-214-2337-4
- [4] FORAL, J., ŠVÁB, T. Základy geodézie. 3. opravené vydání. Brno: VUT, 2012. 132 s.
- [5] GARMIN [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.garmin.cz/aktualne/nove-produkty/gps-nebo-glonass.html>
- [6] GEODÉZIA 1. Stabilizácia a signalizácia geodetických bodov [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: [http://www.sgs.edu.sk/HTML/geodezia1\\_5.htm](http://www.sgs.edu.sk/HTML/geodezia1_5.htm)
- [7] Geoportál [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <https://www.geoportal.sk/sk/geodeticke-zaklady/skpos/informacie/>
- [8] GEOWEB [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: [http://www.geoweb.szm.com/pretlac/MAP\\_T\\_2\\_zzm.html](http://www.geoweb.szm.com/pretlac/MAP_T_2_zzm.html)
- [9] HÁNEK, P., KOZA, P., HÁNEK, P., jr. Geodézie pro SPŠ stavební. 4. přepracované a rozšířené vydání. Praha: SOBOTÁLES, 2010. 324 s. ISBN 978-80-86817-36-1
- [10] HUML, M., MICHAL, J. Mapování 10. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. 319 s. ISBN 80-01-02113-0
- [11] MASARYKOVA UNIVERZITA. Bodová pole [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: [http://is.muni.cz/el/1431/jaro2012/Z8109/um/33581272/2Bodova\\_pole.pdf](http://is.muni.cz/el/1431/jaro2012/Z8109/um/33581272/2Bodova_pole.pdf)
- [12] MAŠÍN, Z., CÍSAŘ, J., JUNGMAN, V. Geodézia 2. 2. vydanie. Bratislava: ALFA, 1984. 408 s. ISBN 63-340-84

- [13] MICHALČÁK, O. et al. Geodézia 2. 2. upravené vydanie. Bratislava: ALFA-PRESS, s.r.o., 2001. 352 s. ISBN 80-88811-89-9
- [14] RAPANT, P. Úvod do družicových polohových systémů: skripta PGS [i.e. GPS]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1995. v, 62 s.
- [15] SCHENK, J., Geodézie. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2005. 138 s. ISBN 80-248-0782-3
- [16] Slovenská priestorová observačná služba [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://skpos.gku.sk/o-skpos.php>
- [17] STANĚK, V., HOSTINOVÁ, G., KOPÁČIK, A. Geodézia v stavebníctve. Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o., 2007. 112 s. ISBN 978-80-8076-048-9
- [18] ŠMÍDA, J., Základy geoinformatiky [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.slideshare.net/jirsm/4-gnss-2011>
- [19] ŠÜTTI, J. Geodézia. 1. vydanie. Bratislava: ALFA, 1969. 368 s. ISBN 63-552-69
- [20] ÚRAD GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A KATASTRA SLOVENSKEJ REPUBLIKY. MAPOVÝ KLIENT ZBGIS [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <https://zbgis.skgeodesy.sk/tkgis/default.aspx>
- [21] WIKIPEDIA. Global Positioning System (GPS) [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: [http://wiki.awf.forst.uni-goettingen.de/wiki/index.php/Global\\_Positioning\\_System\\_%28GPS%29](http://wiki.awf.forst.uni-goettingen.de/wiki/index.php/Global_Positioning_System_%28GPS%29)
- [22] ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI. Geodetické základy [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch03.html>
- [23] ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI. Souřadnicové systémy [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch02s03.html>
- [24] ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI. Výpočet podrobných bodů polohopisu [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch08s05.html>

[25] ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE. ELEKTRONICKÉ MERANIE DĹŽOK [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z:

[http://svf.uniza.sk/kgd/skripta/G2\\_Prednasky/Prez\\_Edm.pdf](http://svf.uniza.sk/kgd/skripta/G2_Prednasky/Prez_Edm.pdf)

[26] ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE. GEODETICKÉ ZÁKLADY [online]. [cit. 2016-02-29]. Dostupné z: <http://svf.uniza.sk/kgd/skripta/vg1/kap03.pdf>

[27] ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE. POLOHOVÉ BODOVÉ POLE [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://svf.uniza.sk/kgd/skripta/g1/kap06.pdf>

[28] ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE. VÝŠKOVÉ MERANIE [online]. [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://svf.uniza.sk/kgd/skripta/g1/kap07.pdf>

## ZOZNAM OBRÁZKOV

OBRÁZOK 1 ZOBRAZOVACIE PLOCHY V RÔZNYCH POLOHÁCH.....	8
OBRÁZOK 2 VŠEOBECNÉ DVOJITÉ KONFORMNÉ KUŽELOVÉ ZOBRAZENIE KĽOVÁKOVO .....	9
OBRÁZOK 3 SÚRADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK, KARTOGRAFICKÉ POLUDNÍKY A ROVNOBEŽKY .....	11
OBRÁZOK 4 ČESKÁ A SLOVENSKÁ ŠTÁTNA ASTRONOMICKO-GEODETICKÁ SIEŤ .....	13
OBRÁZOK 5 POLOHOVÉ GEODETICKÉ ZÁKLADY A PRINCÍP ICH BUDOVANIA .....	13
OBRÁZOK 6 DOČASNÁ STABILIZÁCIA BODOV .....	15
OBRÁZOK 7 TRVALÁ STABILIZÁCIA TRIGONOMETRICKÉHO BODU .....	15
OBRÁZOK 8 STABILIZÁCIA NIVELAČNÝCH BODOV – ČAPOVÁ NIVELAČNÁ ZNAČKA.....	17
OBRÁZOK 9 STABILIZÁCIA NIVELAČNÝCH BODOV – KLINCOVÁ NIVELAČNÁ ZNAČKA .....	17
OBRÁZOK 10 ZÁKLADNÝ NIVELAČNÝ BOD STREČNO .....	18
OBRÁZOK 11 ROZMIESTNENIE POZEMNÝCH STANÍC RIADIACEHO SEGMENTU .....	21
OBRÁZOK 12 DRUŽICA .....	22
OBRÁZOK 13 KONŠTALÁCIA DRUŽÍC .....	22
OBRÁZOK 14 UŽÍVATEĽSKÝ SEGMENT .....	23
OBRÁZOK 15 SIEŤ REFERENČNÝCH STANÍC SKPOS .....	24
OBRÁZOK 16 PRINCÍP METÓDY POLÁRNYCH SÚRADNÍC .....	28
OBRÁZOK 17 DRUHY VÝŠOK BODOV .....	29
OBRÁZOK 18 PRINCÍP TRIGONOMETRICKÉHO URČENIA PREVÝŠENIA.....	30
OBRÁZOK 19 PRINCÍP PREPOČTU ŠIKMEJ DÍŽKY NA VODOROVNÚ .....	33
OBRÁZOK 20 ELEKTRONICKÉ MERANIE DÍŽOK – FÁZOVÁ METÓDA .....	35
OBRÁZOK 21 ZAMERIAVANÉ ÚZEMIE .....	36
OBRÁZOK 22 TRIGONOMETRICKÉ A NIVELAČNÉ BODY V OKOLÍ LOKALITY MERANIA.....	37
OBRÁZOK 23 GEODETICKÉ ÚDAJE O BODOCH BODOVÉHO POĽA .....	37
OBRÁZOK 24 TRIGONOMETRICKÉ A NIVELAČNÉ BODY V OKOLÍ LOKALITY MERANIA.....	38
OBRÁZOK 25 ROZMIESTNENIE BODOV VLASTNÉHO BODOVÉHO POĽA .....	39
OBRÁZOK 26 GPS PRÍSTROJ MAGELLAN PROMARK 500, POUŽITÝ NA MERANIE .....	40
OBRÁZOK 27 PROTOKOL Z GPS MERANIA .....	41
OBRÁZOK 28 UMS TOPCON GPT 7501, POUŽITÝ NA MERANIE .....	42
OBRÁZOK 29 SÚRADNICE BODOV VLASTNÉHO BODOVÉHO POĽA A ICH KONTROLNÁ KRESBA .....	44
OBRÁZOK 31 SÚBOR PODROBNÝCH BODOV V ZAMERIAVANOM ÚZEMÍ.....	45
OBRÁZOK 30 UKÁŽKA VÝPOČTU SÚRADNÍC PODROBNÝCH BODOV .....	45
OBRÁZOK 32 UKÁŽKA VYHOTOVENIA ÚČELOVEJ MAPY POLOHOPISU V PROGRAME WKOKES 11.82 .....	46
OBRÁZOK 33 UKÁŽKA VYHOTOVENIA ÚČELOVEJ MAPY VÝŠKOPISU V PROGRAME WKOKES 11.82 .....	47
OBRÁZOK 34 UKÁŽKA TVORBY VÝŠKOVÝCH KÓT PODROBNÝCH BODOV V ÚČELOVEJ MAPE VÝŠKOPISU .....	48
OBRÁZOK 35 UKÁŽKA TVORBY POZDÍŽNYCH PROFILOV CIEST V PROGRAME WKOKES 11.82 .....	48
OBRÁZOK 36 UKÁŽKA TVORBY SVAHOVÝCH ŠRÁF V ÚČELOVEJ MAPE VÝŠKOPISU .....	49
OBRÁZOK 37 UKÁŽKA POZDÍŽNYCH PROFILOV CIEST PROGRAME WKOKES 11.82.....	49

## ZOZNAM TABULIEK

TABUĽKA 1 PRESNOSŤ TRIGONOMETRICKÝCH BODOV .....	14
TABUĽKA 2 KRITÉRIA PRESNOSTI PPBP .....	14
TABUĽKA 3 POROVNANIE PRESNOSTI URČENIA POLOHY STANOVÍSK .....	43
TABUĽKA 4 SÚRADNICE BODOV VLASTNÉHO BODOVÉHO POĽA .....	44



## **ZOZNAM PRÍLOH**

PRÍLOHA 1 MERAČSKÝ NÁČRT Z TERÉNU

PRÍLOHA 2 ELEKTRONICKÝ ZÁPISNÍK NAMERANÝCH HODNÔT

PRÍLOHA 3 PROTOKOL VYPOČÍTANÝCH BODOV Z GROMY

PRÍLOHA 4 ZOZNAM SÚRADNÍC PODROBNÝCH BODOV

PRÍLOHA 5 ÚČELOVÁ MAPA POLOHOPISU

PRÍLOHA 6 ÚČELOVÁ MAPA VÝŠKOPISU

PRÍLOHA 7 PROFILY CIEST